



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América

Dirección General de Estudios de Posgrado

Facultad de Farmacia y Bioquímica

Unidad de Posgrado

**Determinación de niveles de cadmio, plomo, arsénico,
níquel y cromo en cigarrillos con filtro que son
expedidos en Lima Metropolitana por el método de
espectrometría de absorción atómica**

TESIS

Para optar el Grado Académico de Magíster en Toxicología

AUTOR

Jeanneth Rosario CHÁVEZ LÓPEZ

ASESOR

Mg. Cesar Augusto CANALES MARTÍNEZ

Lima, Perú

2019



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Chávez, J. Determinación de niveles de cadmio, plomo, arsénico, níquel y cromo en cigarrillos con filtro que son expedidos en Lima Metropolitana por el método de espectrometría de absorción atómica [Tesis]. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Farmacia y Bioquímica, Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica; 2019.

HOJA DE METADATOS COMPLEMENTARIOS

- Código Orcid del autor (dato opcional):
- Código Orcid del asesor o asesores (dato obligatorio):
<https://orcid.org/0000-0002-9933-710X>
7.132.113 ORCID iDs
- DNI del autor:
18198374
- Grupo de investigación:
No pertenece
- Institución que financia parcial o totalmente la investigación:
Autofinanciado
- Ubicación geográfica donde se desarrolló la Investigación:
Departamento : Lima
Provincia : Lima
Distrito : Lima Cercado
(Recolección de las muestras de estudio)
Distrito : Santiago de Surco
(Análisis de las muestras de estudio)
Centro Toxicológico S.A.C - CETOX
(Jr. Pisac 192-Oficina 102)
Urb. Residencial Higuiereta
- Año o rango de años que la investigación abarcó:
Enero/2013- Enero/2014



**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR
AL GRADO ACADÉMICO DE MAGISTER EN TOXICOLOGÍA**

Siendo las 10:00 hrs. del 23 de setiembre de 2019 se reunieron en el auditorio de la Unidad de Posgrado de la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, el Jurado Examinador y Calificador de tesis, presidido por el Dr. Mesías Moisés García Ortiz e integrado por los siguientes miembros: Mg. Cesar Augusto Canales Martínez (Asesor), Dr. José Alfonso Apesteguía Infantes, Mg. Luis Alberto Inostroza Ruiz y Mg. Amadeo Collado Pacheco; para la sustentación oral y pública de la tesis intitulada: **"DETERMINACIÓN DE NIVELES DE CADMIO, PLOMO, ARSÉNICO, NÍQUEL Y CROMO EN CIGARRILLOS CON FILTRO QUE SON EXPEDIDOS EN LIMA METROPOLITANA POR EL MÉTODO DE ESPECTROMETRÍA DE ABSORCIÓN ATÓMICA"**, presentada por la Bachiller en Farmacia y Bioquímica **JEANNETH ROSARIO CHÁVEZ LÓPEZ**.

Acto seguido se procedió a la exposición de la tesis, con el fin de optar al Grado Académico de Magister en Toxicología. Formuladas las preguntas, estas fueron absueltas por la graduando.

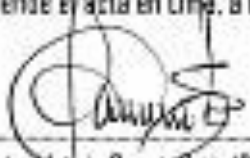
A continuación el Jurado Examinador y Calificador de tesis procedió a la calificación, la que dio como resultado el siguiente calificativo:

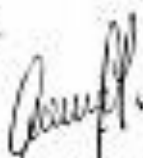
Dieciséte (17) - Muy bueno

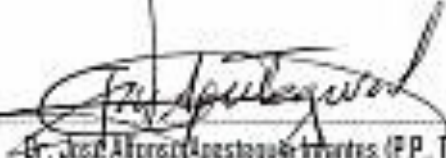
Luego, el Presidente del Jurado recomienda que la Facultad proponga que se le otorgue a la Bachiller en Farmacia y Bioquímica **JEANNETH ROSARIO CHÁVEZ LÓPEZ**, el Grado Académico de Magister en Toxicología.


Siendo las 11:15 hrs. se levanta la sesión.

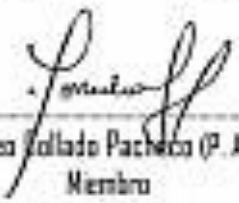
Se extiende el acta en Lima, a las 11:38 hrs. del 23 de setiembre de 2019.


Dr. Mesías Moisés García Ortiz (P.P., T.C.)
Presidente


Mg. Cesar Augusto Canales Martínez (P. Asoc. T.P.)
Miembro - Asesor


Dr. José Alfonso Apesteguía Infantes (P.P., T.C.)
Miembro


Mg. Luis Alberto Inostroza Ruiz (P. Asoc. T.P.)
Miembro


Mg. Amadeo Collado Pacheco (P. Asoc. T.P.)
Miembro

Observaciones:

Índice general

Página de dedicatoria.....	i
Página de agradecimiento.....	ii
Resumen	iii
Abstract	iv
CAPÍTULO 1:INTRODUCCIÓN	1
1.1. Situación problemática	1
1.2. Formulación del problema	3
1.3. Justificación teórica	5
1.4. Justificación práctica	5
1.5. Objetivos	6
1.5.1. Objetivo general	6
1.5.2. Objetivos específicos	6
CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO	8
2.1. Marco filosófico o epistemológico de la investigación	8
2.2. Antecedentes de la investigación	9
2.2.1. Antecedentes internacionales	9
2.2.2. Antecedentes nacionales	10
2.3. Bases teóricas	12
2.3.1. Metales pesados	12
2.3.2. Cigarrillo	24
2.3.3. Espectrometría de absorción atómica.....	35
CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA	36
3.1. Hipótesis	36
3.2. Tipo y diseño de la investigación	37
3.3. Unidad de análisis	38
3.4. Población de estudio	38
3.5. Tamaño de muestra	38
3.6. Selección de muestra	38
3.7. Técnicas de recolección de datos	38
3.8. Análisis e interpretación de la información	40

CAPÍTULO 4: RESULTADOS Y DISCUSIÓN	41
4.1. Análisis, interpretación y discusión de resultados	41
4.2. Prueba de hipótesis	66
4.3. Presentación de resultados	68
CONCLUSIONES	72
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	74
ANEXOS	77

Lista de tablas

Tabla 1.	Concentraciones de arsénico, cadmio, cromo, níquel y plomo de los cigarrillos que se expenden en Lima Metropolitana	41
Tabla 2.	Matriz de correlaciones de las concentraciones de metales.....	43
Tabla 3.	Prueba t- Student para comparar niveles de arsénico “Lima Metropolitana vs. Brasil”	48
Tabla 4.	Prueba t-Student para comparar niveles de cadmio “Lima Metropolitana vs. Arabia Saudita”	50
Tabla 5.	Prueba t-Student para comparar niveles de cadmio “Lima Metropolitana Vs. Brasil”	52
Tabla 6.	Prueba t-Student para comparar niveles de cadmio “Lima Metropolitana vs. Polonia”	54
Tabla 7.	Prueba t-Student para comparar niveles de cromo “Lima Metropolitana Vs. Brasil”	56
Tabla 8.	Prueba t-Student para comparar niveles de níquel “Lima Metropolitana vs. Brasil”	58
Tabla 9.	Prueba t-Student para comparar niveles de plomo “Lima Metropolitana vs. Arabia Saudita”	60
Tabla 10.	Prueba t-Student para comparar niveles de plomo “Lima Metropolitana vs. Brasil”	62
Tabla 11.	Prueba t-Student para comparar niveles de plomo “Lima Metropolitana vs Polonia”.....	64

Lista de figuras

Figura 1.	Diagrama de dispersión entre las concentraciones de plomo y cromo.	46
Figura 2.	Diagrama de dispersión entre las concentraciones de plomo y níquel.	47
Figura 3.	Comparación de niveles de arsénico en cigarrillos “Lima Metropolitana vs Brasil”	49
Figura 4.	Comparación de niveles de cadmio en cigarrillos “Lima Metropolitana vs. Arabia Saudita”.	51
Figura 5.	Comparación de niveles de cadmio en cigarrillos “Lima Metropolitana vs. Brasil”.	53
Figura 6.	Comparación de niveles de cadmio en cigarrillos “Lima Metropolitana vs. Polonia”.	55
Figura 7.	Comparación de niveles de cromo en cigarrillos “Lima Metropolitana vs. Brasil”.	57
Figura 8.	Comparación de niveles de níquel en cigarrillos “Lima Metropolitana vs. Brasil”.	59
Figura 9.	Comparación de niveles de plomo en cigarrillos “Lima Metropolitana vs. Arabia Saudita”.	61
Figura 10.	Comparación de niveles de plomo en cigarrillos “Lima Metropolitana vs. Brasil”.	63
Figura 11.	Comparación de niveles de plomo en cigarrillos “Lima Metropolitana vs. Polonia”.	65

DEDICATORIA

"Quiero dedicar esta tesis a mi familia, porque
ellos han dado razón a mi vida, por su apoyo
incondicional, sus consejos y su infinita paciencia.

Todo lo que hoy soy es gracias a ellos,
lo más valioso que Dios me ha dado en la vida."

AGRADECIMIENTO

"Mi agradecimiento se dirige a Dios, mis padres y seres queridos, quienes han forjado mi camino y en todo momento están conmigo ayudándome a ser mejor cada día."

Resumen

El presente estudio tiene como finalidad determinar los niveles de cadmio, plomo, arsénico, níquel y cromo en cigarrillos con filtro que son expedidos en Lima Metropolitana por el método de espectrometría de absorción atómica, motivo por el cual se determinó los niveles de concentración promedio de cadmio, plomo, arsénico, níquel y cromo de los cigarrillos que se expenden en Lima Metropolitana, en comparación con los niveles de concentración de los metales pesados en las investigaciones realizadas en Brasil, Polonia y Arabia Saudita.

Se realizó un estudio de tipo aplicado y correlacional (comparativo), de diseño no experimental, transeccional y correlacional con una muestra de 58 variedades de cigarrillos que son expedidos en Lima Metropolitana, cuyos niveles de concentración promedio de los metales pesados referidos, se compararon con estudios previos realizados en otros países.

Los resultados de la investigación de los cigarrillos que son expedidos en Lima Metropolitana señala que los niveles de concentración promedio, para arsénico es 0,0566 $\mu\text{g/g}$, para cadmio es 0,3122 $\mu\text{g/g}$ (inferior a los de Arabia Saudita 1,81 $\mu\text{g/g}$ y Polonia 0,68401 $\mu\text{g/g}$, y superior a Brasil 0,09 $\mu\text{g/g}$), para cromo es 0,7098 $\mu\text{g/g}$ (inferior al de Brasil 1,43 $\mu\text{g/g}$), para níquel es 20,6412 $\mu\text{g/g}$ (superior al de Brasil 0,449 $\mu\text{g/g}$) y para plomo es 3,9407 $\mu\text{g/g}$ (superior a los de Arabia Saudita 2,46 $\mu\text{g/g}$, Brasil 0,27 $\mu\text{g/g}$ y Polonia 0,6853 $\mu\text{g/g}$), estas concentraciones presentan alta dispersión o variabilidad y existe una correlación significativa, al 5 % de confianza, entre las concentraciones de cromo y plomo ($r = 0,842$) y entre las concentraciones de níquel y plomo ($r = 0,442$).

De esta manera, se concluye que con un 5 % de confianza, las diferencias entre las concentraciones de cadmio, plomo, arsénico, níquel y cromo de los cigarrillos que se expenden en Lima Metropolitana y las concentraciones de dichos metales determinadas en las investigaciones realizadas en Brasil, Polonia y Arabia Saudita son estadísticamente significativas.

Palabras clave: cigarrillos, concentraciones de metales, niveles tóxicos.

Abstract

The purpose of this study is to determine the levels of cadmium, lead, arsenic, nickel and chromium in filtered cigarettes that are issued in Metropolitan Lima by the method of atomic absorption spectrometry, which is why the average concentration levels of cadmium, lead, arsenic, nickel and chromium of cigarettes that are dispensed in Metropolitan Lima, compared with heavy metal concentration levels in research conducted in Brazil, Poland and Saudi Arabia.

A study of applied and correlational (comparative), non-experimental, transectional and correlational desing was carried out a sample of 58 varieties of cigarettes that are sold in Metropolitan Lima, whose average concentration levels of the heavy metals referred to are compared with previous studies conducted in other countries.

The results of the investigation of cigarettes that are sold in Metropolitan Lima indicates that the average concentration levels, for arsenic is 0.0566 $\mu\text{g/g}$, for cadmium is 0.3122 $\mu\text{g/g}$ (lower than those of Saudi Arabia 1.81 $\mu\text{g/g}$ and Poland 0.68401 $\mu\text{g/g}$, and above Brazil 0.09 $\mu\text{g/g}$), for chromium it is 0.7098 $\mu\text{g/g}$ (lower than Brazil's 1.43 $\mu\text{g/g}$), for nickel it is 20.6412 $\mu\text{g/g}$ (higher than in Brazil 0.499 $\mu\text{g/g}$) and for lead it is 3.9407 $\mu\text{g/g}$ (higher than in Saudi Arabia 2.46 $\mu\text{g/g}$, Brazil 0.27 $\mu\text{g/g}$ and Poland 0.6853 $\mu\text{g/g}$), these concentrations show high dispersion or variability and there is a significant correlation, at 5 % confidence, between the concentrations of chromium and lead ($r = 0.842$) and between nickel and lead concentrations ($r = 0.442$).

In this way, it is concluded that with 5 % confidence, the differences between the concentrations of cadmium, lead, arsenic, nickel and chromium of cigarettes are sold in Metropolitan Lima and the concentrations of said metals determined in the investigations carried out in Brazil, Poland an Saudi Arabia are statistically significant.

Keywords: cigarettes, metal concentrations, toxic levels.

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

1.1. Situación problemática

Según estudios de organismos internacionales, aproximadamente existían 1300 millones de fumadores en el mundo para el año 2004 y cada año morían 5 millones de personas motivado al consumo del tabaco, cifra que se espera duplicar hasta el año 2020 ¹.

De acuerdo a estos estudios, la mitad de los consumidores de tabaco mueren prematuramente, siendo así la principal causa de muerte evitable en el mundo y se asocia su consumo con cierto tipo de padecimientos como “(...) cataratas, neumonía, leucemia mieloide aguda, aneurisma de la aorta abdominal, cáncer de estómago, cáncer de páncreas, cáncer de útero, cáncer de riñón, periodontitis y otras enfermedades” ¹. Se puede decir que, las enfermedades se mezclan con las conocidas comúnmente, es decir, “(...) cáncer de pulmón, vesícula, esófago, laringe, boca y garganta; bronconeumopatía crónica, enfisema y bronquitis; apoplejía, ataques cardíacos y otras enfermedades cardiovasculares” ¹.

Se ha demostrado que, 9 de cada 10 pacientes de cáncer de pulmón tienen su origen en el consumo del tabaco y que, incluso éste afecta el sistema reproductivo del ser humano ¹. Esto sin contemplar, los efectos del humo del cigarrillo en terceros (fumadores pasivos); en especial, en la población infantil, lo cual aumenta el “(...) riesgo de enfermedades cardiovasculares, cáncer de pulmón, asma y otras enfermedades respiratorias en los adultos, infección de oído y muerte súbita del lactante en los niños” ¹.

Estas cifras no deben generar sorpresas, visto que según otra investigación “Las sustancias químicas contenidas en las hojas del tabaco, son las precursoras de las más de 4000 sustancias que aparecen en el humo de la combustión, el cual se divide en dos fases: fase gaseosa y fase sólida o de partículas (...)” ². Lo anterior, evidencia el nivel de componentes tóxicos contenidos en cada cigarrillo, lo cual explica los efectos que se han comentado.

Asimismo, se ha comprobado que, existen metales pesados como cadmio, níquel, arsénico y cromo en el tabaco ². “El estudio de estos metales demuestra que son cancerígenos en el hombre, pero parece ser que su principal mecanismo de acción es mutagénico, es decir, interfieren en los procesos de reparación del ADN” ². De igual manera, otros estudios destacan la presencia del plomo en el cigarrillo, generando sobre el organismo efectos hematológicos que inducen anemia y otras complicaciones o efectos neurotóxicos ^{3,4}.

En el Perú, después del alcohol, el tabaco ocupa el segundo lugar en cuanto a drogas legales consumidas, con una prevalencia de vida del 63 % en aquellas personas que consumieron esa droga por lo menos una vez en su vida ⁵. A pesar del alto consumo de esta droga y de sus efectos, se evidencia que las normas adoptadas por el país en función de la lucha contra la epidemia de tabaquismo, donde los Estados partes suscribieron el convenio Marco de la OMS para el control del tabaco, son insuficientes.

Por ejemplo, el Perú ha fijado que el precio del paquete de 20 cigarrillos pague un impuesto al tabaco entre el 26 y el 50 %, se ha establecido que la totalidad de espacios públicos y de trabajo no abiertos deben ser absolutamente libres de contaminantes como el humo de tabaco, lo que implica un alto porcentaje de personas afectadas, surgiendo la necesidad de advertencias de índole sanitarias que abarquen un 50% del promedio, considerando las características apropiadas ⁶.

A pesar de ello, no se han establecido normativas que establezcan los límites máximos permitidos en relación a los metales pesados como el arsénico, níquel, cadmio, plomo y cromo; los cuales como se ha señalado impactan negativamente en la salud de los fumadores (tanto activos como pasivos). Al respecto, se ha determinado que, en el Perú “... no se dispone de la infraestructura necesaria para las pruebas, mediciones del contenido y las emisiones de los productos del tabaco, ni se ha identificado ningún laboratorio nacional o regional con la capacidad para medir el contenido y las emisiones de los productos del tabaco” ⁷.

Al respecto, la industria tabacalera se ha aprovechado de estas desventajas para obtener los máximos niveles de rentabilidad ⁶, expendiendo en muchos casos, presentaciones de cigarrillos con filtros tanto nacionales como importados, que son expendidas en Lima Metropolitana. De esta manera, se ha podido evidenciar que en esta región se expenden no menos de 58 marcas de cigarrillos (entre nacionales e internacionales).

En países como Brasil, Polonia y Arabia Saudita se han realizado investigaciones para determinar las concentraciones de metales pesados en cigarrillos comercializados en dichos países, con el fin de establecer los límites máximos permitidos de cada uno de ellos para reducir la afectación sobre el organismo.

En este sentido, en la presente investigación se propone realizar un estudio comparativo entre las concentraciones de cadmio, plomo, arsénico, níquel y cromo contenidos en los cigarrillos que se expenden en Lima Metropolitana con las concentraciones de los metales pesados determinados en otras investigaciones realizadas en Brasil, Polonia y Arabia Saudita.

1.2. Formulación del problema

En razón de la situación problemática, donde se ha comentado de los efectos tóxicos del cigarrillo, relacionados entre otros aspectos, con la presencia de metales pesados en su contenido y los aportes de las investigaciones efectuadas en distintos países, se formuló el siguiente problema de investigación:

¿Cuáles serán las diferencias en las concentraciones de cadmio, plomo, arsénico, níquel y cromo de los cigarrillos que se expenden en Lima Metropolitana en comparación con las concentraciones de los metales pesados determinados en otras investigaciones realizadas en Brasil, Polonia y Arabia Saudita?

Asimismo, con base a dicho problema, se formulan los siguientes problemas específicos:

- ¿Cuáles serán las concentraciones de arsénico, cadmio, cromo, níquel y plomo de los cigarrillos que se expenden en Lima Metropolitana?
- ¿Cómo se relacionan entre si los niveles de arsénico, cadmio, cromo, níquel y plomo en los cigarrillos que se expenden en Lima Metropolitana?
- ¿Cuáles serán las diferencias entre los niveles de arsénico hallados en los cigarrillos que se expenden en Lima Metropolitana y los valores publicados en estudios realizados en Brasil, Polonia y Arabia Saudita?
- ¿Cuáles serán las diferencias entre los niveles de cadmio hallados en los cigarrillos que se expenden en Lima Metropolitana y los valores publicados en estudios realizados en Brasil, Polonia y Arabia Saudita?
- ¿Cuáles serán las diferencias entre los niveles de cromo hallados en los cigarrillos que se expenden en Lima Metropolitana y los valores publicados en estudios realizados en Brasil, Polonia y Arabia Saudita?
- ¿Cuáles serán las diferencias entre los niveles de níquel hallados en los cigarrillos que se expenden en Lima Metropolitana y los valores publicados en estudios realizados en Brasil, Polonia y Arabia Saudita?
- ¿Cuáles serán las diferencias entre los niveles de plomo hallados en los cigarrillos que se expenden en Lima Metropolitana y los valores publicados en estudios realizados en Brasil, Polonia y Arabia Saudita?

1.3. Justificación teórica

El aporte científico que constituye este trabajo radica en que la metodología utilizada puede generalizarse en otras investigaciones con productos que son expendidos en el mercado nacional y que tengan efectos tóxicos, con lo cual puedan establecerse también límites máximos permitidos de concentraciones de metales u otras sustancias que puedan afectar negativamente al organismo.

De igual manera, los resultados de esta investigación pueden ser utilizados en estudios comparativos realizados en otros países, con fines similares a los aquí previsto, lo cual termina siendo un compromiso adquirido por los estados partes de la Asamblea Mundial de la Salud número 56 realizada el 21 de mayo del 2003 donde suscribieron un convenio para el control del tabaco, en el Marco de la OMS.

Por otra parte, esta investigación tendrá beneficios directos e indirectos sobre la población que fuma cigarrillos. En primer lugar, al exponerse con un mayor nivel de profundidad los efectos tóxicos del cigarrillo, se permitirá alertar a los fumadores activos sobre sus consecuencias en el organismo. Por otro lado, de establecerse los niveles máximos permitidos de algunos metales como el cromo, arsénico, cadmio, plomo y níquel en los cigarrillos se disminuirán las concentraciones tóxicas contenidas en ellos, reduciendo así el nivel de exposición.

1.4. Justificación práctica

El desarrollo de esta investigación involucra la presentación de resultados que generarán beneficios en varios actores, lo cual explica su justificación práctica. Al respecto, esta investigación servirá de base al Estado Peruano para establecer políticas orientadas a la determinación de los niveles máximos permitidos de metales pesados como níquel, plomo, arsénico, cadmio y cromo en los cigarrillos que se expendan comúnmente.

Asimismo, la investigación utiliza métodos de evaluación y análisis de datos que pueden ser replicados en próximos estudios para detectar la presencia de otros metales en el cigarrillo.

Otro fin práctico de la investigación, radica en que los resultados podrán ser generalizables y usados como valores comparativos en investigaciones con otros países o ciudades del Perú.

De igual manera, este tipo de estudio contribuye a que las industrias se involucren en la necesidad de innovar en productos que tengan menos efectos toxicológicos en el ser humano.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

Basado en el problema de investigación formulado, el objetivo general del presente estudio consiste en:

“Determinar las diferencias entre las concentraciones de arsénico, cadmio, cromo, níquel y plomo de los cigarrillos que se expenden en Lima Metropolitana en comparación con las concentraciones de los metales pesados determinados en otras investigaciones realizadas en Brasil, Polonia y Arabia Saudita.”

1.5.2. Objetivos específicos

En concordancia con el objetivo general, se establecen los siguientes objetivos específicos:

1. Determinar las concentraciones de arsénico, cadmio, cromo, níquel y plomo de los cigarrillos que se expenden en Lima Metropolitana.

2. Establecer la correlación entre los niveles de arsénico, cadmio, cromo, níquel y plomo en los cigarrillos que se expenden en Lima Metropolitana.
3. Comparar los niveles de arsénico hallados en los cigarrillos que se expenden en Lima Metropolitana con los valores publicados en estudios realizados en Brasil, Polonia y Arabia Saudita.
4. Comparar los niveles de cadmio hallados en los cigarrillos que se expenden en Lima Metropolitana con los valores publicados en estudios realizados en Brasil, Polonia y Arabia Saudita.
5. Comparar los niveles de cromo hallados en los cigarrillos que se expenden en Lima Metropolitana con los valores publicados en estudios realizados en Brasil, Polonia y Arabia Saudita.
6. Comparar los niveles de níquel hallados en los cigarrillos que se expenden en Lima Metropolitana con los valores publicados en estudios realizados en Brasil, Polonia y Arabia Saudita.
7. Comparar los niveles de plomo hallados en los cigarrillos que se expenden en Lima Metropolitana con los valores publicados en estudios realizados en Brasil, Polonia y Arabia Saudita.

CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO

2.1. Marco filosófico o epistemológico de la investigación

El paradigma de la investigación se enmarca dentro de la postura cuantitativa y se fundamenta en el positivismo con una concepción hipotético-deductivo puesto que, tiene como premisa el pensamiento del ser humano, describiendo un sector de la realidad que será objeto de estudio, centrándose en las causas que dan origen al fenómeno a estudiar, desde múltiples visiones ⁸. Por otra parte, la aplicación del instrumento de recolección de datos fue a través de un informe toxicológico los cuales fueron sometidos a la validez y confiabilidad de los expertos.

En este mismo orden de ideas, el desarrollo de la investigación, específicamente el marco teórico son un conjunto de actividades emprendidas de forma sistemática, a fin de aumentar el caudal de conocimientos científicos y técnicos, así como la utilización de los resultados de trabajos para conseguir nuevos dispositivos, productos, materiales o procesos ⁹.

Consecutivamente se incluye epistemológicamente las hipótesis de la investigación donde se especula los resultados de la investigación, sin embargo, las mismas fueron sometidas a pruebas de la realidad. Asimismo, se realizó el análisis de los resultados el cual permite entrelazar los datos y resultados que se encontraron en la investigación con los datos o información de la base teórica y los antecedentes. En este mismo orden de ideas, se refleja una investigación que efectivamente contiene un bagaje importante de textos que refuerzan y apoyan la investigación.

2.2. Antecedentes de la investigación

Luego de consultar en la biblioteca de varias universidades y en los repositorios de otras, no se ha logrado obtener antecedentes directos con la presente investigación. En todo caso, lo que se muestra a continuación configuran; por un lado, ejemplos metodológicos de las mediciones de metales y su incidencia en el cuerpo humano; y, por otro lado, el impacto del cigarrillo como agente tóxico.

2.2.1. Antecedentes internacionales

En una investigación intitulada “Metales pesados (cadmio, plomo, mercurio y arsénico) en pescados congelados de elevado consumo en el Ecuador”, la cual tuvo como objetivo determinar el contenido de cadmio, plomo, mercurio y arsénico en muestras de filetes de pescado congelado de elevado consumo en el Ecuador. Obteniendo como resultado, que el arsénico presentó la mayor concentración en el músculo del pescado, seguido del mercurio, plomo y cadmio. Los niveles de arsénico, plomo y mercurio en las muestras de pescado estudiadas, fueron superiores a los límites máximos permitidos por la Legislación Internacional para el consumo humano ¹⁰. Por ello, la enunciada investigación fue tomada como antecedente ya que ambas investigaciones estudian el efecto de los metales y sus manifestaciones en el ser humano.

Por otro lado, la investigación “Agentes socializadores en actividad físico deportiva, consumo de alcohol y tabaco. Relación existente entre estas conductas en un estudio longitudinal de estudiantes de Costa Rica, México y España – 2017”; con una muestra de 30 jóvenes entre 15 a 17 años, obteniendo como resultado que, los jóvenes de sexos masculino son más dinámicos que las jóvenes en la totalidad de los países. Sin embargo, las evidencias muestran que, es lo inverso, entendiéndose que el abandono se evidencia más en las jóvenes. Se concluyó que, los estudiantes activos en un alto porcentaje son españoles, en segundo lugar, se encuentran los costarricenses; en efecto, cada año que pasa aumenta la cantidad de jóvenes que dejan de practicar actividades físicas y deportivas, lo que evidencia la

disminución de ocupación del tiempo libre, en el caso de las jóvenes, se observa que, cada vez realizan menos actividades de este tipo con amigos o familiares ¹¹. Dicha investigación se toma como antecedente ya que en ambas investigaciones se estudia la incidencia del cigarrillo en el cuerpo humano.

Por otra parte, se destaca la investigación titulada “Análisis de arsénico y metales pesados cadmio, magnesio, mercurio y plomo en orina y cabello de la población infantil residente en Huelva - 2015”, la cual contó con un objetivo referido a valorar los niveles de contaminación por magnesio, cadmio, mercurio, arsénico y plomo, en relación a la muestra se tomó orina y el cabello de la población del sector infantil, teniendo como muestra 22 colegios de Huelva capital para un total de 261 alumnos entre niños y niñas de 6 a 9 años. Teniendo como conclusión que del 90 al 96 % de la muestra de orina se encontraron por debajo del límite de detención ¹². En tal sentido, tal estudio tiene relación con la investigación en proceso toda vez que se estudia la incidencia de algunos metales en la vida humana.

2.2.2. Antecedentes nacionales

Un estudio desarrollado en Junín, Perú tuvo como objetivo determinar los niveles de plomo y cadmio en diez tipos de “Manihot esculenta” un tipo de yuca comercializada en el distrito de San Martín de Pangoa, específicamente en el mercado de Satipo, departamento de Junín en el 2017. Para la muestra se seleccionó un kilo de cada uno de los diez tipos de yuca, al ser analizadas estas muestras, se llegó a la conclusión que los diez tipos de yuca poseen 0,13 ppm de plomo, el valor estimado como mínimo es 0,01 ppm y máximo 0,24 ppm, considerados estos valores como promedio; sin embargo, es superior al fijado en Codex Alimentarius, el valor del plomo es 0,1 ppm, trayendo como consecuencia que a largo la incidencia de los metales en la yuca podría afectar la salud del hombre ¹³. En consecuencia, dicha investigación se tomó como base ya que la investigación en curso también estudia la incidencia de metales pesados en el cigarrillo y en consecuencia al hombre.

Por otra parte, la investigación intitulada “Determinación por absorción atómica de plomo y arsénico en agua potable de viviendas del distrito Hualgayoc, Cajamarca – octubre 2017”, tuvo como objetivo determinar los niveles de concentraciones del plomo y arsénico en el agua potable del distrito de Hualgayoc, provincia de Hualgayoc, departamento de Cajamarca en el mes de octubre del 2017. La población del estudio fue 15 muestras de agua potable del distrito de Hualgayoc, conformado por 11568 habitantes. Teniendo como conclusión que el 27 % de las muestras analizadas de agua potable consumida por la población del distrito Hualgayoc, superan el límite permisible de la concentración de arsénico, dado por la DIGESA (0,010 mg/L) ¹⁴. La investigación fue tomada como antecedente toda vez que estudia los metales tales como cadmio, arsénico, cromo, níquel, plomo y su incidencia en la salud del ser humano.

Finalmente, la investigación titulada “Consumo de tabaco y consumo intensivo del alcohol en pobladores que residen en zonas rurales, urbanas y migrantes de zonas rural a urbana en dos regiones del Perú”, con una muestra de 988 participantes, 200 pobladores que residen en zonas urbanas y como conclusión se obtuvo, que la prevalencia del consumo del tabaco siguió una tendencia urbano mayor que el migrante rural. La prevalencia e incidencia del consumo intensivo del alcohol fueron similares entre los tres grupos poblacionales ¹⁵. En tal sentido, dicha investigación fue tomada como antecedente, dado que estudia el tabaco y sus incidencias, razón por la cual dicha variable también se estudia en la investigación en curso.

2.3. Bases teóricas

2.3.1. Metales pesados

2.3.1.1. Cadmio

El cadmio está ubicado en el grupo IIB de la tabla periódica de los elementos químicos, es considerado un elemento contaminante, se encuentra comúnmente en la corteza terrestre, agrupado con otros elementos, como plomo, zinc y cobre, también en sedimentos de aire y agua. Se encuentra después de tratamiento metalúrgico del plomo y zinc ¹⁶. Se tiene presente que, existen actividades realizadas por el hombre como la agricultura e industria en el que los niveles de cadmio aumentan en el medio ambiente, de allí que sea considerado como elemento peligroso, afectando directamente la alimentación humana, asumiendo que es acumulativo ². Sabiendo que, la contaminación de cadmio puede llegar hasta los alimentos, al ser transmitido por el agua y suelo, la cadena de contaminantes puede ser de los vegetales, animales y finalmente, el hombre ².

A. Propiedades fisicoquímicas

El número atómico de cadmio es 48 y el peso atómico es 112,40, mientras la densidad relativa es 8,65. Dentro de las características más importantes se tiene que, es de color blanco de tonalidad azulada, es blando, maleable, dúctil y posee resistencia ante la corrosión ¹⁶. Es insoluble al mezclarlo con el agua y disolventes de origen orgánicos, sin embargo, es soluble en nitratos, ácidos y cloruros. En este orden de ideas, se puede indicar que es volátil, además se puede mezclar con muchos metales en fusión, la oxidación es lenta al contacto con el aire y la humedad, al ser expuesto a altas temperaturas emana vapores de óxido de color amarillo – rojizo ¹⁶.

En tal sentido, este elemento se encuentra en la superficie de la corteza terrestre, por lo general está asociado a otros elementos, como el cobre, zinc y plomo. Hoy en día este elemento es utilizado en la industria, lo que implica que, existe mayor exposición del mismo, aumentando la posibilidad de contaminación ¹⁶.

B. Toxicocinética

Dentro de las propiedades del cadmio se puede resaltar que es un elemento tóxico acumulativo, con un tiempo de vida promedio de 10 a 30 años. Si se exponen las personas al cadmio en forma continua, la cantidad de concentración aumenta mientras viva. En adultos se estima que dependiendo de la ubicación geográfica puede ser 40 mg, es necesario mencionar que en fumadores la cantidad se duplica ¹⁷. En consecuencia, las personas fumadoras aumentan la cantidad de cadmio en su organismo, pues lo depositan directamente a los pulmones, se debe tener presente que, un cigarro posee entre 0,9 µg – 2,3 µg, entonces cada vez que se fuma se inhala un aproximado de 10 % de la cantidad total.

En el organismo el cadmio ingresa mediante dos vías: la vía pulmonar se da por inhalación de polvos y la vía digestiva se da por la ingestión de directa por malos hábitos de higiene ¹⁷. Asimismo, la cantidad total de cadmio que ingresa en el organismo guarda relación directa con la absorción del mismo en los alimentos, agua y medio ambiente en general.

En tal sentido, la sustancia llega a la sangre o torrente sanguíneo, al ser adsorbida por el estómago o en su defecto por el intestino, después de ingerir agua o comida, todo este proceso ocurre posteriormente a la inhalación. Es pertinente mencionar que, el cadmio es absorbido en muy poca cantidad a través de la piel, la forma más común es por medio de la sangre, del 1 al 5 % del cadmio que entra al organismo por la boca, el inhalado se absorbe en un 30 al 50 % ¹⁷.

Es pertinente hablar del recorrido de cadmio en el organismo, debido a que este proceso implica conversiones metabólicas, la sangre transporta el cadmio, llegando en primera instancia al hígado, luego lentamente a los riñones, afectando las células hemáticas y albúmina, el cadmio en el cuerpo se une alrededor del 80 al 90 % a la metalotioneína, formando el complejo cadmiometalotioneína (Cd-Mt) ¹⁶.

C. Toxicodinamia

El cadmio puede considerarse un elemento xenobiótico, es decir, el organismo humano no lo necesita, por tanto, se acumula en el tejido humano, afectando varios órganos, los pulmones, el hígado y los riñones; en efecto, produce daños pulmonares y renales como neumotitis química, enfisema y microproteinuria. Es pertinente mencionar que, el riñón resulta más sensible que los otros órganos al ser contaminado con cadmio, este se deteriora aceleradamente, incrementando las proteínas de bajo peso molecular, ocasionando, proteinuria, esta condición obliga al organismo a incrementar la excreción urinaria de proteínas de alto peso molecular ¹⁶.

D. Toxicidad

Al referirse a la toxicidad, es necesario mencionar, que el consumo de forma oral origina vómitos, náuseas, dolores abdominales y diarrea. Asimismo, cuando es adsorbido por las vías respiratoria se puede originar una hipertermia "fiebre de los metales" dando como resultado una neumonitis química o edema agudo de pulmón, esta condición puede ser considerada mortal ¹⁶.

Es preciso mencionar que, existen afecciones del riñón como la nefropatía cádmica, cuando surge proteinuria cádmica se asocia a cadmiurias que exceden los 10 µg/g de creatinina. Desde esta perspectiva, el cadmio es considerado cancerígeno de próstata y pulmón, además de producir osteomalacia ¹⁶.

2.3.1.2. Plomo

Es un metal altamente tóxico para el ser humano, que afecta a diversos órganos y tejidos. En tal sentido, el plomo se encuentra en metales de uranio y de torio, ya que proviene de la división radiactiva ¹⁸. Los minerales comerciales suelen contener poco plomo 3 %, lo más común es que sea del 10 % ¹⁸. Por otra parte, antes de fundirse los minerales acumulan un máximo de 40% de plomo o más en ocasiones, usualmente se utiliza como aditivo antidetonante en las baterías, gasolina, pantallas de televisores, computadoras, tintes de pelo, joyería cosmetología, entre otras ¹⁸.

A. Propiedades fisicoquímicas

Dentro de las propiedades del plomo pueden mencionarse, el número y el peso atómico, el primero 82 y el segundo 207,19; es de color grisáceo y es brillante cuando se corta, sin embargo, tiene un aspecto opaco debido a su acelerada oxidación, es maleable, dúctil, el punto de ebullición es 1525 °C y su fundición es a 327 °C ¹⁸.

En este orden de ideas, se menciona que, es un metal resistente a sustancias como el ácido sulfúrico, sin embargo, posee poca resistencia al ácido nítrico y en ácidos orgánicos. Este metal se encuentra en forma natural en el suelo, en concentraciones normales, no se considera contaminante los valores entre 10 - 50 mg/Kg (ppb), pero las actividades desarrolladas por el hombre aumentan los niveles en proporciones de 10 a 200 veces más. Es pertinente mencionar que, el plomo no es necesario en el organismo de los seres humanos ⁴.

B. Toxicocinética

El plomo inorgánico tiene vías de acceso al organismo, las principales son las vías respiratorias y digestivas, en ocasiones puede ser vía cutánea. Del 30 al 50 % del plomo inhalado se da por las vías respiratorias, mientras, que del 10 al 50 % se adsorbe por la vía digestiva, en niños. El 90% del plomo se trasporta a través del torrente sanguíneo y se fija en los glóbulos rojos ¹⁸.

Por otra parte, este metal presenta una predisposición a ubicarse y acumularse en los huesos, mostrando las consecuencias de exponerse al plomo en forma acumulativa a largo plazo, cuyo contenido es de aproximadamente el 90 % del total corporal ¹⁸. La biotransformación en el organismo es casi nula, el mecanismo tóxico del plomo está dado por tres modalidades: Compete con metales esenciales, Semejanza por los grupos sulfhidrilos (-SH) de las proteínas y Variación del transporte de iones esenciales ¹⁸.

Para la expulsión del plomo después de ingerirlo, se realiza por medio de la expulsión fecal, reflejando la poca cantidad que se absorbe, mientras que la absorción principal se realiza en un 80% mediante la orina y del 10 al 15 % de forma gastrointestinales; por uñas, cabello y sudor del 5 al 10 %. Es también eliminado por leche materna ¹⁸; si se contabiliza la expulsión de plomo que está en el cuerpo este demoraría años, en los huesos entre 20 a 27 años, en tejidos blandos 4 semanas y en la sangre sería un estimado de tres semanas ¹⁸.

C. Toxicodinamia

Los efectos tóxicos que el plomo produce en el organismo humano son muchos, dentro de los cuales se pueden mencionar, variaciones en la síntesis de la hemoglobina, modificaciones en los glóbulos rojos, además produce anemia, debido a que altera los hematíes circulantes. Existen otras consecuencias de la intoxicación del plomo, como retraso mental, dificultad para el aprendizaje, en algunos casos puede originar la muerte, dependiendo de la cantidad de sustancia que se absorba. Otros efectos, que afectan el sistema nervioso central son las neuropatías periféricas, siendo estas las más recurrentes; aunque, las intoxicaciones severas pueden producir nefroesclerosis graves con filtrado glomerular, fibrosis intestinal y degeneración tubular. A nivel del sistema reproductor, en mujeres se han observado abortos, partos prematuros, esterilidad y disfunción ovulatoria, mientras que, en el hombre los efectos son la teratospermia, astenospermia y el hipogonadismo ¹⁸.

D. Toxicidad

El nivel de toxicidad del plomo se ve reflejado cuando pasa la barrera placentaria, donde el plomo puede ser detectado entre la semana 12 y 14 de gestación, e ir incrementando a medida que el feto crece. Se puede evidenciar que las madres que han sido expuestas al plomo sufren de abortos espontáneos y aumento de morbilidad perinatal. Cuando es el padre quien se expone al plomo, se produce hipospermia aumentando los abortos de la pareja ⁷.

Es importante resaltar que la toxicidad del plomo se relaciona con varios tipos de cáncer “pulmón, estómago y vejiga”, los estudios epidemiológicos así lo reflejan, aun cuando estos estudios no pueden ser considerados concluyentes ⁷.

2.3.1.3. Arsénico

Es un elemento y un mineral que se encuentra distribuido ampliamente en el ambiente ⁵. Igualmente, el arsénico pertenece al grupo VA de la tabla periódica, se le denomina metaloide, naturalmente se encuentra en aguas geotermales, rocas sedimentarias y volcánicas. Se utiliza comercialmente en industrias, para producir diversos productos, diversos aditivos y alimentos, en gran escala para productos farmacéuticos, plaguicidas, municiones, etc. ⁶.

A. Propiedades fisicoquímicas

En relación a las propiedades químicas del arsénico se tiene que, en número y peso atómico son 33 y 74,19; el color es gris plata, es inoloro e insípido, además insoluble en el agua, sustancias oxidantes y cáustica. Otro aspecto importante es que, se localiza en diferentes presentaciones, negra, amarilla y gris metal, formando óxidos de tipo anfótero ¹⁴. Es necesario acotar que el estado de oxidación del arsénico es variable “-3, 0, +3 y +5”, siendo también, un compuesto soluble, trivalente y altamente tóxico ³.

Este compuesto presenta varios estados de oxidación como semimetálico, arsénico (As^0), en forma de iones como arseniato (As^{+5}), arsenito (As^{+3}) y arsina (As^{-3}). De allí que, se denomine en algunos casos como semimetal o metaloide ³. En consecuencia, el arsénico tiene muchas aplicaciones en la industria metalúrgica, especialmente en la obtención de aleaciones, pero se usa, sobre todo, en la industria química para la elaboración de medicamentos y plaguicidas, incluyendo conservantes de la madera ⁶. Es decir, es una sustancia tóxica que una vez que ingresa en el organismo, se mantiene durante mucho tiempo, motivado a su alta toxicidad y presencia en muchos alimentos ⁶.

B. Toxicocinética

Es necesario determinar las vías de acceso del arsénico en el organismo, se mencionan las vías respiratorias y vías gastrointestinales, mientras que la absorción por vías dérmicas es muy baja, cuando el arsénico es inorgánico dura más o menos 10 horas en el organismo ³. Dependiendo de la dosis ingerida, el 70% de la sustancia es excretada por la orina, cuando la dosis es baja, se excreta en los días siguientes, los principales depósitos de arsénico en el cuerpo son músculos y huesos ⁶. Una de las formas más comunes de acceso del arsénico al organismo es, por inhalación en el aire contaminado, en este caso el pulmón absorbe un 50 % de la cantidad inhalada, en el caso de ingestión, gastrointestinalmente, se absorbe un 80 %, éstas condiciones varían de acuerdo al compuesto y las características ¹⁴. El arsénico que se queda en el organismo, interviene en las diferentes reacciones químicas orgánicas y componentes celulares ⁶.

Tiene la particularidad de cambiar sus propiedades a formas orgánicas menos agresivas o tóxicas “MMA” y “DMA”, las cuales salen del organismo más rápido; de allí que, el procedimiento denominado metilación es utilizado como desintoxicación, que este proceso de metilación al ser enzimático, a elevadas dosis de arsénico podrían causar saturación, lo que trae como consecuencia el acaparamiento de arsénico inorgánico en los tejidos, haciéndolo más tóxico, es importante destacar que, en los niños el metabolismo de arsénico es menos eficiente que un adulto ⁶.

C. Toxicodinamia

La toxicidad del arsénico decrece según la siguiente escala: As^{+3} inorgánico > As^{+3} orgánico > As^{+5} inorgánico > As^{+5} orgánico > compuestos arsenicales y arsénico elemental. El nivel de toxicidad varía, As^{+3} es 10 veces superior que el As^{+5} , mientras la dosis letal para adultos es 1 a 4 mg As/Kg ⁵. Es importante destacar que las formas más comunes son AsH_3 , As_2O_3 , As_2O_5 , esta dosis varía de acuerdo al siguiente rango entre 1,5 mg/Kg y 500 mg/kg de masa corporal ⁶.

Es importante mencionar que, la toxicidad de los arseniales trivalentes, se evalúa considerando su afinidad a los grupos sulfhidrilos existentes en las proteínas. Este grupo de sulfhidrilo (- SH) se afecta de acuerdo a la ubicación y la actividad que realice ⁶. Como resultado, el arsénico (V) puede sustituir al grupo fosfato, cuando se presenten las reacciones enzimáticas, modificando la producción del ATP y la síntesis del ADN, pero la evaluación de la toxicidad del arsénico en este caso es compleja de evaluar, ya que el arsénico (V) se reduce en el organismo a arsénico (III). Es importante hacer referencia que las principales rutas de exposición de las personas al arsénico son la ingesta e inhalación ⁵.

D. Toxicidad

Estudios toxicológicos y epidemiológicos permiten evidenciar que, la intoxicación severa con arsénico en líquidos como el agua, se muestra con lesiones en la piel, así como, hiperqueratosis palmo plantar, e hiper pigmentación, además de diabetes mellitus, anemia, variaciones en el sistema nervioso, afecciones en el hígado, diferentes tipos de cáncer de pulmón, piel o vejiga. En consecuencia, los niveles de alta toxicidad producto del arsénico, afectan en forma grave al organismo, específicamente en sistemas como el respiratorio, neurológico, cardiovascular, hematológico, gastrointestinal, etc. ¹⁴.

2.3.1.4. Níquel

El níquel, es un elemento que se encuentra comúnmente en la superficie terrestre, mezclado con otros compuestos, se libera en los volcanes y está presente en todos los tipos de suelos. En consecuencia, el níquel también se combina con muchos otros elementos tales como cloro, azufre y oxígeno para formar compuestos de níquel. Muchos de los compuestos de níquel son solubles en agua y tienen un color verde característico ⁹.

A. Propiedades fisicoquímicas

Es un elemento químico, cuyo número atómico es 28, es un metal duro, blanco plateado, dúctil y maleable. La masa atómica presente en la naturaleza es 58,51. Elemento abundante que está en el lugar 24 de la lista, por lo general se encuentra combinado con azufre y oxígeno, formando sulfuro u óxidos ⁹.

Los metales que más comúnmente se combinan con el níquel son zinc, cobre y cromo, estas combinaciones se emplean en la fabricación de joyas, monedas, válvulas y sirve también de base para crear el acero inoxidable. Sin embargo, el níquel y sus compuestos no tienen ni olor ni sabor característico, se sabe que los compuestos de níquel se usan para niquelado, colorear cerámicas, fabricar baterías, y son sustancias conocidas como catalizadores, que aceleran la velocidad de reacciones químicas ¹⁰.

B. Toxicocinética

El níquel puede ingresar al organismo a través del aire, en forma líquida en agua o algún alimento y en forma cutánea cuando es contacto directo con el níquel ². La absorción de níquel y sus compuestos se realiza por vía respiratoria. El tamaño de las partículas de níquel determina la cantidad que puede pasar a la sangre y pulmón, pueden quedar en la nariz de la persona, si son grandes, en cambio al ser pequeñas entran con mayor facilidad a cada parte del pulmón; lo mismo ocurre con el líquido, mientras más fácil de digerir mayor el alcance de las partículas de níquel, es importante resaltar que estas partículas, pueden salir del pulmón a través de la mucosidad ^{2, 9}.

En este sentido, el níquel se transporta unido a la albúmina, níqueloplasmina, albúmina y moléculas ultra filtrables, para luego distribuirse en mayor proporción en el hígado, riñón, pulmón y más en el sistema nervioso periférico que en el sistema nervioso central. Es necesario mencionar que, después de ingresar al cuerpo, el níquel tiene acceso a la mayoría de los órganos, centrándose en los riñones ². La excreción de la sustancia se realiza en un 90 % por medio de riñón, en un tiempo promedio de 4 o 5 días, una cantidad menor por las heces, sudor y saliva. Cuando se ingiere níquel, un alto porcentaje abandona el cuerpo por medio de las heces y la orina, quedando una cantidad pequeña en la sangre ^{2, 9}.

C. Toxicodinamia

Un porcentaje de 10 a 20 %, de la población tiene alta sensibilidad al níquel, de allí que, las personas son sensibles cuando utilizan joyas, como aretes, pulseras, etc. presentando reacciones, cuando se exponen por tiempo prolongado a la prenda ⁹. Aunque, es preciso aclarar que sólo algunas joyas contienen níquel, las reacciones comunes son enrojecimiento de la piel o sarpullido ².

D. Toxicidad

Dentro de los aspectos más relevante de toxicidad se tiene que, cuando las personas sensibles están en contacto con el níquel, presentan dermatitis, no sólo en el área de contacto, por ejemplo, una erupción en la mano es frecuente en persona que trabajan con este material. En cambio, cuando los trabajadores lo inhalan va directo al pulmón, ocasionando asma, aunque no es muy común ². Otro aspecto relevante es que, la sensibilidad al níquel es mayor en mujeres que hombres, se estima que las mujeres están en contacto con joyas que contiene níquel y desarrollan sensibilidad ¹. Estudios en personas que trabajan en minas y otras formas de contacto revelan que dentro de las enfermedades más peligrosas se tiene, variaciones en la función del pulmón, bronquitis crónica, cáncer de senos y pulmón ².

2.3.1.5. Cromo

Es un metal que se emplea especialmente en la metalurgia, específicamente en actividades de minería, maderera, al fabricar cemento, pinturas, fotografía, soldadura, metales y elaboración de acero inoxidable ¹⁹.

A. Propiedades fisicoquímicas

Dentro de las propiedades fisicoquímicas del cromo, se puede mencionar que, es un metal pesado, el número atómico es 24 y peso molecular es 51,996; pertenece al grupo VIB de la tabla periódica, su color es blanco plateado, es duro, brillante, quebradizo, posee resistencia a la corrosión ⁸. El estado de oxidación varía, entre +2, +3, +6. Debe resaltarse que, el estado hexavalente (Cr^{+6}), es indispensable debido a que representa los dicromatos, cromatos y ácido crómico, datos importantes a nivel toxicológico ⁹. También se denomina oligoelemento debido a que está presente en el organismo como (Cr^{+3}), llamado trivalente, indispensable en el mecanismo del colesterol, glucosa, cristalino, ácidos grasos, implicados en muchos procesos biológicos del ser humano ^{3, 4, 10}.

B. Toxicocinética

El cromo se absorbe de varias formas o vías respiratoria, oral, cutánea o dérmica, su distribución en el organismo empieza en la médula ósea, ganglios linfáticos, pulmones, riñón, bazo e hígado ^{9, 10, 11, 14, 15}. Es importante resaltar que la absorción del Cr^{+3} es menos que la del Cr^{+6} , debido a que, el primero no pasa a través de la membrana celular, lo que permite que, se mezcle con transferrina; mientras que el Cr^{+6} llega a los eritrocitos y se integra a otras células por el sistema transportador de sulfatos ⁹. Cuando se metaboliza el Cr^{+6} , se reduce rápidamente a Cr^{+3} intracelularmente a nivel del núcleo o mitocondrias. En la reducción intracelular se generan intermedios reactivos que son Cr^{+5} , Cr^{+4} y Cr^{+3} y los radicales libres oxígeno e hidroxilo ¹.

El cromo genera alteraciones de ADN, mientras que la eliminación por vía renal es 60 % y en menor grado se da por heces, vía biliar, cabello, uñas, leche materna y sudor ⁴. En la orina se encuentra fundamentalmente Cr^{+3} formando un complejo con el glutatión, pues el Cr^{+6} es reducido en gran parte a Cr^{+3} . La concentración de cromo en los tejidos ha permitido demostrar ser dependiente de las diferentes zonas geográficas y se concentran en poca cantidad en el riñón e hígado, siendo excretado lentamente por la orina ¹⁹.

C. Toxicodinamia

Dentro de los aspectos más característicos el cromo se metaboliza con lípidos, glúcidos y ácidos nucleicos. Asimismo, una de las funciones más comunes del cromo es la prevención de la intolerancia a la glucosa; por tanto, se vincula a enfermedades como alteraciones en el metabolismo de cromo y diabetes mellitus, también se relaciona con el origen en algunos casos de insuficiencia renal ²⁰. Uno de los síntomas más comunes al presentar deficiencia de cromo es la intolerancia a la glucosa, aumento de los valores de insulina, disminución de la longevidad, altos niveles de colesterol y triglicéridos, alteraciones en el crecimiento y encefalopatías ¹⁹.

D. Toxicidad

Es necesario comprender que, la toxicidad del cromo se debe a los derivados del Cr^{+6} , entran al organismo por múltiples vías con gran rapidez y facilidad. El Cr^{+6} tiene alta probabilidad de ser catalogado como cancerígeno, mientras que el Cr^{+3} no tiene registros comprobado de ser cancerígeno. Los niveles de toxicidad producen reacciones como dermatitis alérgica y úlceras cutáneas, denominadas dermatosis. Asimismo, cuando se entra en contacto con las sales de cromo, se afectan las vías respiratorias, es pertinente mencionar que, existen estudios que demuestran las propiedades cancerígenas del cromo y que el pulmón es uno de los órganos más afectado, basándose en la acción de dicromatos alcalinos y cromatos ²⁰.

2.3.2. Cigarrillo

Los cigarrillos están catalogados como un producto peligroso, debido a que, las consecuencias de su consumo son consideradas como mortales, además de generar adicción, los estudios revelan que el índice de mortalidad por consumo de cigarrillo es alto, aproximándose a la mitad de sus consumidores ^{11, 21}. En tal sentido, existen aspectos de salud pública asociados al cigarrillo, debido al impacto negativo que ha tenido a través del tiempo, se puede entender que la toxicidad del cigarrillo y otros productos tienen medidas de regulación de uso y consumo ¹¹.

Por otra parte, el cigarrillo tiene tendencia a ser ácido, motivado a la fabricación con base en el tabaco curado, el cual cuando hace combustión expide un humo ácido. De igual forma, este humo es adsorbido por los consumidores para sentir el efecto de la nicotina, este tipo de humo resulta más fácil de inhalar que el humo alcalino tradicional ¹¹.

2.3.2.1. Componentes de un cigarrillo estándar

Los componentes de un cigarrillo son los siguientes:

- A. La nicotina llega a los pulmones de la persona fumadora, como mezcla de gases y partículas ¹¹. En consecuencia, el humo es absorbido a través del torrente sanguíneo, llegando al cerebro en un tiempo aproximado de 10 segundos, donde los receptores del cerebro activan la producción de dopamina, generando la necesidad de recibir dosis regularmente de nicotina, cuando se interrumpe estas dosis en lapsos de tiempo, se crea el síntoma de abstinencia ¹². De igual forma, el sistema nervioso central es estimulado por la nicotina produciendo aumentos de la presión arterial y ritmo cardiaco, aumentando de esta forma un incremento del consumo de oxígeno ¹².

- B. El monóxido de carbono está contenido en el humo del cigarrillo, similar al humo que sale de los tubos de escape de los vehículos. Este gas al mezclarse con la sangre, específicamente con la hemoglobina, impide u obstruye el envío de oxígeno al organismo. De allí que, los fumadores habituales hasta en un 15 % tienen reducida la capacidad de transportar oxígeno al cuerpo ¹².
- C. El alquitrán, se emplea en forma general para hacer referencia a las sustancias químicas que se encuentran en el humo del cigarrillo ¹². Esta sustancia es amarillenta, pegajosa y tiende a producir manchas en los dedos y dientes de las personas fumadoras quedándose en los pulmones, lo que implica que, una persona que fume entre 20 y 60 cigarrillos al día, acumula una cantidad anual de alquitrán de 500 g aproximadamente, esta sustancia se ha comprobado que genera lesiones en los pulmones ¹².
- D. El gas cianhídrico se evidencia en forma visible sólo del 5 al 8 % del humo total de los cigarrillos, lo demás se compone de gases invisibles como el gas cianhídrico. Este tipo de gas resulta ser venenoso, reduciendo la habilidad del organismo para trasladar el oxígeno, conteniendo además algunas sustancias que pueden producir mutaciones genéticas que originan el cáncer de pulmón ¹².
- E. El amonio se emplea para la cristalización de la nicotina, este proceso es parecido a la conversión del polvo de cocaína en crack. Al aumentar el pH (alcalinidad) el amonio acelera la dispersión de la nicotina, la finalidad de este proceso es que el organismo pueda absorberla de forma rápida, potenciando el efecto ¹².
- F. El azúcar se emplea en forma habitual como aditivo para el tabaco, representa el 3 % del peso general de un cigarrillo. Al encender el cigarro, se activa el azúcar, produciendo acetaldehído una sustancia química, reafirmando la adicción del consumidor hacia la nicotina ¹².
- G. El chocolate y miel se emplean como aromatizantes y para disminuir el sabor amargo que tiene la nicotina, mientras el sabor dulce genera una sensación de agrado para el fumador ¹².

- H. El cacao aumenta el ensanchamiento de las vías respiratorias, debido a una sustancia denominada teobromina, este efecto definido como broncodilatador permite una respiración profunda, para que cada inhalación contenga la mayor cantidad de humo y por ende nicotina ¹².
- I. La piridina se emplea para aumentar la adicción del fumador, debido a que actúa sobre el sistema nervioso central ¹².
- J. La menta actúa como analgésico adormeciendo la garganta, para que el fumador, no sienta el humo y sus efectos abrasivos. Sin embargo, la acción irritante que se produce queda sin que la persona se dé cuenta ¹².
- K. El regaliz es un aromatizante con efectos similares a la miel y el chocolate, además produce dilatación de vías respiratorias, permitiendo al fumador aspirar gran cantidad de humo en una sola inhalada ¹².
- L. El relleno esta conformado por trozos de la hoja de tabaco, sin embargo, la mayor cantidad se obtiene de desechos de la hoja, estos son combinados con agua, sustancias aromatizantes, entre otros. La cantidad de relleno en el cigarrillo varía según la marca, se puede decir que, a mayor relleno menos nicotina contiene el cigarrillo ¹².
- M. El papel utilizado garantiza la resistencia del cilindro y la porosidad determina la cantidad de aire que pasa al hacer combustión; en efecto, se relaciona a la cantidad de alquitrán y nicotina que inhala el fumador ¹².
- N. Los filtros son elaborados con acetato de celulosa, filtran una parte importante de alquitrán y el humo, antes de llegar a los pulmones del fumador, igualmente, enfrían el humo para facilitar la inhalación. Existen unos filtros diseñados para proteger la salud del fumador, tienen agujeros a los costados, la industria tabacalera los diseño para disminuir los efectos ¹².

Es importante destacar que, lo mencionado anteriormente indica que los cigarros con poca cantidad de alquitrán, no son indicadores que el fumador consuma menos nicotina. En cierta forma, parece que los fumadores “compensan” este hecho al realizar inhalaciones más frecuentes, puede también presentarse el caso que, al utilizar cigarrillos con filtros diseñados para disminuir los efectos, el fumador con sus dedos obstruya los orificios.

2.3.2.2. Nivel tóxico del cigarrillo

El nivel tóxico del cigarrillo está relacionado con la cantidad de cigarrillos que la persona fume al día, además del número de inhalaciones y que tan profundas sean, el tipo de cigarro también incide, de igual forma el tiempo que lleva fumando ². Debe evaluarse los patrones de toxicocinética de la nicotina y los otros compuestos químicos. Dentro de los efectos más devastadores está el cáncer, siendo consecuencia de una exposición en dosis que permitan la acumulación de los tóxicos en el organismo ².

En fumadores, conjuntamente al cáncer de pulmón surgen otros relacionados directamente, como cáncer de esófago, laringe, vejiga, cavidad oral y riñón, etc. ². Asimismo, surgen como consecuencia del consumo de cigarrillo, enfermedades cardiovasculares, como infarto de miocardio, isquemia coronaria, arterioesclerosis, accidente cerebro vascular y enfermedades respiratorias, las cuales pueden terminar en consecuencias negativas, produciendo obstrucciones crónicas ².

Es importante acotar que, algunos aspectos están relacionado con las características propias del fumador, pero los bajos niveles de monoamino oxidasas se atribuyen al humo y no a la persona. Cuando la persona se inhibe de las MAO, se convierte en un gran riesgo de caer en depresión como la adicción que siente el alcohólico, también puede originar daños psiquiátricos en fumadores ².

En tal sentido, surge un vínculo entre el estado nutricional y el tabaquismo, debido a que, la actividad de fumar modifica el sentido del olfato y gusto. En la vía digestiva, bajan las contracciones “estomacales” atenuando la sensación de hambre, paralizando la absorción de la vitamina “B”, es necesario señalar que, los componentes del humo del cigarrillo se mezclan con vitaminas como ácido fólico, vitamina “C”, vitamina “A”, etc. de la misma forma, se mezclan con nutrientes inorgánicos como zinc, hierro y cobre, los cuales se afectan por algunos metales que provienen del humo, dentro de ellos está el cadmio. Por su parte, la nicotina incrementa el 10 % más del consumo de energía ²¹. En efecto, parte de la toxicidad del cigarrillo está en la producción de radicales libres por parte del humo, siendo importante para los antioxidantes ¹².

2.3.2.3. Tipos de cigarrillos

Existen varios tipos de cigarrillos dentro de ellos están los orgánicos, que son considerados naturales, debido a que no poseen aditivos. Dentro de los ingredientes más dañinos está el tabaco. Los cigarrillos de producción industrial del tipo convencional o natural, contienen una variedad de ingredientes, lo que impide que se desglose, debido a la humedad, la cual agrega sabores adicionales, además de contribuir a mantenerlo encendido, además de los otros materiales ¹².

Por otra parte, se puede inferir que, no existen evidencias que comprueben que los cigarrillos sin aditivos o elaborados sólo con tabaco como elemento básico, sean menos perjudiciales o generen menos adicción que los denominados convencionales. Sin embargo, existen evidencias científicas que los niveles de alquitrán y nicotina varían de acuerdo a las marcas de cigarrillo convencionales, en investigaciones desarrolladas en máquinas de fumar ².

Dentro de los tipos de cigarrillos se tiene:

- A. Los cigarrillos de liar o RYO (Roll-your-own), este tipo de cigarrillos son cada vez más utilizados, por razones culturales, debido al incremento de costos en los cigarrillos de producción industrial ¹².

- B. Los cigarrillos Bidis y kreteks, son cigarrillos pequeños, comúnmente utilizado en Oriente Medio y Sureste Asiático, por lo general son elaborados a mano, emplean varias hierbas, el tabaco no siempre es el ingrediente esencial ¹².
- C. Los bidis son originarios de la india, son elaborados a mano, se caracterizan por su aroma exótico, con ingredientes saludables y naturales, también generan adicción y puede ser mortales. Su contenido implica una cantidad considerable de Temburni o Tendu, planta originaria de Asia ¹².
- D. Los Kreteks, se denominan cigarrillos de clavo, contienen el 40 % de una especie aromática denominada clavo y el 60 % de tabaco. El mercado mayor de estos cigarrillos se encuentra en Indonesia, expandiéndose a otros países vía internet. El acceso a este tipo de cigarrillos es cada vez más fácil, la cantidad de tabaco y nicotina varía según el tipo de cigarrillo, de su elaboración industrial o convencional ¹².

2.3.2.4. Filtros del cigarrillo

La finalidad de los filtros de los cigarrillos es filtrar los elementos tóxicos, producidos por el humo que expide al hacer combustión, disminuyendo así los efectos perjudiciales, en algunos casos las partículas se asocian a la aparición del cáncer, de allí la importancia que tiene esta parte del cigarrillo ¹¹. Es pertinente mencionar que la celulosa extraída de la madera es la materia prima, “la celulosa acetilada” se transforma en un metal denominado acetato, siendo descompuesta en fibras sintéticas denominadas estopas ¹¹. Sin embargo, en otros casos el filtro posee una cámara que contiene gránulos de carbón activo, que al ser filtrado las partículas, estas se ven como piedritas de color negro después de fumar ¹¹.

2.3.2.5. Normativa internacional y nacional para el consumo del cigarrillo

El convenio Marco de la Organización Mundial de la salud (OMS), forma parte de un compromiso de salud a nivel mundial, como alternativa de respuesta al mundo globalizado y el incremento de consumo del cigarrillo; así como los índices de morbilidad y mortalidad originadas por el tabaco. Este convenio se inició el 27 de febrero del año 2005, centrando sus argumentos en la necesidad de garantizar el disfrute y la salud de las personas, siendo el primer tratado a nivel mundial de este tipo ¹².

Es único entre los convenios relativos al control de sustancias adictivas, porque aborda el control del tabaco desde la perspectiva tanto de la oferta como de la demanda; incluye disposiciones para considerar y cooperar en torno a cuestiones referentes del derecho penal y la responsabilidad civil, y adopta medidas basados en la evidencia científica y, por tanto, han demostrado ser eficaces en la reducción del consumo del tabaco. La aprobación de este tratado se realizó muy rápido por las Naciones Unidas, después de dos años es ratificado, con una alta participación de más de cien países, concluyendo que:

El “Artículo 1(f)” de este convenio establece que productos elaborados con tabaco, en forma parcial o total, puede causar efectos perjudiciales para la salud debido a que: «... la ciencia ha demostrado inequívocamente que el consumo del tabaco y la exposición al humo de tabaco son causas de mortalidad, morbilidad y discapacidad...». Trayendo como resultado, “Que el convenio marco de la OMS no establece distinción del límite entre los cigarrillos y otras formas de productos de tabaco” ¹².

En la parte pre ambular, introductoria y en los artículos se plantea la salud como prioridad. De los artículos 6 al 14 se toman medidas en función a la reducción de la demanda del tabaco, de los artículos 15 al 17 se toman medidas en función a la reducción de la oferta del tabaco ¹².

Además se debe aclarar que tres artículos regulan el contenido, centrándose en el diseño, emisiones y etiquetado de todos los productos relacionados con el tabaco, en este sentido se señala que el “Artículo 9”: establece lineamientos del contenido de todos los productos que se elaboren teniendo como base el tabaco, el “Artículo 10”: menciona parámetros de divulgación para toda la información de productos elaborados con tabaco y el “Artículo 11”: hace referencia a otros aspectos como etiquetado y embalado de todos los productos de tabaco. Es importante destacar que, los artículos tienen como finalidad disminuir la demanda en el consumo de tabaco, basándose en investigación para poder informar de forma objetiva a toda la población, garantizando políticas públicas efectivas ¹².

Asimismo, el Convenio dirigido al Control del Tabaco (CMCT), auspiciado por la Organización Mundial de la Salud, el cual fue confirmado por el Perú en el año 2004. Es innovador, teniendo presente la necesidad de prevenir la mortalidad y morbilidad relacionada con el consumo de tabaco ¹³.

Se tiene conocimiento que, el consumo de tabaco es alto y es considerado como la segunda droga más consumida en el Perú. Dentro de la población afectada se tiene que el primer consumo se realiza en edad escolar (9 a 12 años de edad), no determinándose diferencias significativas entre ambos sexos, también se observa que el 52,7 % de los estudiantes de secundaria han consumido o probado tabaco en alguna oportunidad y 13,5 % en el último año ¹⁴.

En tal sentido, surge la Ley N° 25357 promulgada en 1991, siendo la primera referida al tema del tabaco y sus efectos, además señala temas como la importancia de proteger al fumador pasivo, uso de espacios de índole públicos y privados como: centros educativos, cines, centros de salud, transporte público, lugares de atención al cliente o público. En lugares específicos como: discotecas, restaurantes, bares, hoteles, casinos, entre otros; que no puede ser mayor que el área de no fumadores. Es decir, deben establecer un área para fumadores y hacer pública la prohibición de fumar por medio de carteles ¹⁵.

De acuerdo a la publicidad se plantea que las cajas de cigarro, además de los avisos publicitarios tienen que hacer pública la frase: “Fumar es dañino para la salud, está prohibido fumar en lugares públicos según la Ley N° 25357 ¹⁵. Esta Ley cuenta con un reglamento que fue modificado con el Decreto Supremo N° 095-93-PCM, estableciendo como obligatorio el aviso: “Fumar es dañino para la salud” ocupando un lugar y espacio que sea visible no menor a una décima parte del empaque. En anuncios televisivos la frase: “Fumar es dañino para la salud” debe señalarse al comienzo o final del anuncio, con un tiempo no menor a tres segundos ¹⁶.

Más adelante, la Ley General para la prevención y control de los riesgos del consumo de tabaco, fue aceptada en la Comisión de Salud del Congreso en el año 2016. Sin embargo, aún carece de promulgación, encontrándose vigente las normas anteriores. Para protección del fumador pasivo, se toman medidas como, no fumar en lugares cerrados de uso público, incluyendo centros de trabajo privados o públicos ²².

En relación a las medidas preventivas hacia el tabaquismo, el Ministerio de Educación y Salud realiza programas como medidas para prevenir y rehabilitar a las personas. Para la publicidad, se menciona que, no se publiquen mensajes o imágenes que puedan crear una idea falsa en la persona, conjuntamente con la exposición de la persona al humo emanado del tabaco, se establece que el consumo debe ser dirigido a los adultos ¹. Para comercializar el tabaco, la norma indica que, las maquinas expendedoras deben obligatoriamente colocar un cartel que indique: “Fumar es dañino para la salud. Prohibida su venta a menores de 18 años” ²².

En consecuencia, surge la prohibición de distribución gratuita de los cigarrillos, así como, la venta en sitios donde está prohibido fumar, en espacios de venta y fabricación de juguetes, indicando que dichos productos no deben tener la forma del cigarrillo o alguna imagen alusiva al mismo ¹³. Por otra parte, la oferta y la demanda del tabaco no poseen lineamientos específicos en el Convenio dirigido a Control del Tabaco (CMCT) en Perú. La legislación peruana no es clara, al indicar cuál es el organismo encargado de la prevención y uso de sustancias consideradas drogas y consumidas por menores de edad ²².

2.3.2.6. Estudios sobre el cigarrillo en Arabia Saudita, Brasil y Polonia.

En Arabia Saudita, se realizó un trabajo para determinar los niveles de metales pesados en algunas marcas de cigarrillos vendidos y/o producidos allí. Se determinaron por el método de espectrometría para la absorción atómica, utilizando un horno de grafito (GFAAS). Los niveles concentrados de cadmio y plomo en las diferentes marcas de cigarrillos fueron 1,81 µg/g y 2,46 µg/g (peso seco), respectivamente. Los resultados obtenidos en este estudio estiman la cantidad media de cadmio inhalado al fumar un paquete de 20 cigarrillos, está en el intervalo de 0,22 µg a 0,78 µg. Los resultados sugieren que la cantidad de plomo inhalado al fumar un paquete de 20 cigarrillos se estima en 0,97 µg a 2,64 µg. La acumulación de plomo y cadmio en los cigarrillos fueron significativamente diferentes entre las marcas de cigarrillos a prueba. Los resultados del presente estudio fueron comparados con los de otros estudios regionales e internacionales ²³.

En Brasil, se realizó una investigación referida a la evaluación de los niveles de metales pesados cancerígenos de los cigarrillos brasileños. Según la IARC (*International Agency for research on cancer*) los metales plomo, cadmio, arsénico, níquel y cromo son carcinógenos para seres humanos. Este estudio tiene por objetivo evaluar los niveles de metales en los cigarrillos comercializados en Brasil. Para ello, con una muestra de tres cigarrillos de cada 20 marcas diferentes se pesaron individualmente, el relleno de tabaco eliminado y se homogenizó. Después de la desecación, las muestras se sometieron a digestión asistida por microondas. Los análisis se realizaron utilizando la espectrometría centrada en la absorción atómica en un horno de grafito. La media de los niveles de Pb, Cd, As, Ni y Cr fueron 0,27; 0,145; 0,09; 0,449; 1,43. No se observó correlación entre cadmio y cualquier otro metal analizado. Una correlación moderada ($r = 0,483$, $p < 0,05$) se observó entre plomo y niveles de cromo. Se determinaron relaciones fuertes y significativas ($p < 0,01$) se observaron correlaciones entre el níquel y cromo ($r = 0,829$), níquel y arsénico ($r = 0,799$), níquel y plomo ($r = 0,637$) y entre cromo y arsénico ($r = 0,621$). Los niveles de cromo y níquel fueron significativamente

mayores en los cigarrillos de un fabricante multinacional. Los resultados muestran una alta variabilidad en los niveles de metales pesados en los cigarrillos, lo que representa una importante fuente de exposición de los fumadores activos y pasivos a sustancias cancerígenas ²⁴.

En Polonia, se realizó un trabajo de investigación para estimar la exposición al cadmio y plomo por el tabaquismo, las concentraciones de ambos metales en la orina y sangre de los fumadores (20 cigarrillos o más por día durante 10 años o más) y sus contrapartes no-fumadores habitando una zona ambientalmente limpia (*Bialystok*, Polonia) fueron evaluados, así como los contenidos de cadmio y plomo en las marcas de cigarrillos (producidos en Polonia) consumidos por los participantes, incluidos los cigarrillos intactos, antes de fumar (tabaco, papel y filtro) y post-fumadores (culata, cenizas y humo) componentes del cigarrillo. Se observó una concentración de plomo en la sangre de los fumadores de cigarrillos ($52,12 \pm 15,51$ mg/L) fue superior en un 29 % que en los no fumadores ($40,42 \pm 11,19$ mg/L). El contenido promedio de cadmio y plomo en los cigarrillos eran $0,6801 \pm 0,1765$ y $0,6853 \pm 0,0746$ mg/L por cigarrillo, respectivamente. En virtud de la quema de cigarrillos, realizado utilizando una máquina para la quema de acción automática, en promedio 33 % de cadmio y 11 % de plomo presente en el cigarrillo entero fue liberado en el humo. Para cadmio y plomo hubo una alta correlación positiva entre el contenido de metales en los cigarrillos y el tabaco y su liberación en el humo. Además, los cigarrillos que contienen la cantidad más alta cadmio presentaron mayor concentración de cadmio sangre de los fumadores de marcas de cigarrillos. Los resultados dan una clara evidencia de que, en el caso de los habitantes de las zonas no contaminadas con cadmio y plomo al fumar cigarrillo, debido a la contaminación del tabaco, crea una fuente seria de la exposición crónica a estos metales, especialmente para cadmio ²⁵.

2.3.3. Espectrometría de absorción atómica.

La espectrometría de absorción atómica por generación de hidruros (FIAS) es una técnica que permite establecer la cantidad y orden del plomo o ultratrazas en elementos como: Hg, As, Sb, Sn, Te, Ga, Bi, los cuales tienen la particularidad o propiedad de formar hidruros.

Es preciso mencionar que, la muestra se disuelve en ácido, utilizado como agente reductor, estas sustancias pueden ser ácido clorhídrico, solución de zinc, borohidruro de sodio ó cloruro de estaño. La mezcla de estos compuestos produce la reacción en el Hidrógeno atómico, el cual reacciona ante, Te, As, Hg, Bi, Ga, Sb, Sn, formando hidruros volátiles, este proceso suele ser complicado.

El nitrógeno arrastra los hidruros volátiles a determinadas celdas de cuarzo, la cual se calienta con aire acetileno con temperatura óptima para dar origen a la atomización del analito. El tubo es calentado para que los gases pasen a través de él, produciendo un fenómeno térmico denominado descomposición, en donde son liberados los átomos de cada elemento. Este proceso permite que, la absorción crezca lo que puede verse en la luz de la lámpara por medio de los átomos, obteniéndose un punto máximo y termina cuando se consume el analito y al terminarse los átomos que están en la celda de absorción, se tiene un valor de máxima absorción y un nivel bajo en la curva de reacciones ²¹.

CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA

3.1. Hipótesis

3.1.1. Hipótesis general

Basado en el problema de investigación formulado, la hipótesis general del presente estudio consiste en:

Las diferencias entre las concentraciones de arsénico, cadmio, cromo, níquel y plomo de los cigarrillos que se expenden en Lima Metropolitana en comparación con las concentraciones de metales pesados determinados en otras investigaciones realizadas en Brasil, Polonia y Arabia Saudita son estadísticamente significativas.

3.1.2. Hipótesis específicas

En concordancia con la hipótesis general, se establecen las siguientes hipótesis específicas:

1. Las concentraciones de arsénico, cadmio, cromo, níquel y plomo de los cigarrillos que se expenden en Lima Metropolitana presentan alta variabilidad.
2. La correlación entre los niveles de arsénico, cadmio, cromo, níquel y plomo en los cigarrillos que se expenden en Lima Metropolitana es estadísticamente significativa.
3. Los niveles de arsénico hallados en los cigarrillos que se expenden en Lima Metropolitana con los valores publicados en estudios realizados en Brasil, Polonia y Arabia Saudita presentan diferencias significativas.
4. Los niveles de cadmio hallados en los cigarrillos que se expenden en Lima Metropolitana con los valores publicados en estudios realizados en Brasil, Polonia y Arabia Saudita presentan diferencias significativas.

5. Los niveles de cromo hallados en los cigarrillos que se expenden en Lima Metropolitana con los valores publicados en estudios realizados en Brasil, Polonia y Arabia Saudita presentan diferencias significativas.
6. Los niveles de níquel hallados en los cigarrillos que se expenden en Lima Metropolitana con los valores publicados en estudios realizados en Brasil, Polonia y Arabia Saudita presentan diferencias significativas.
7. Los niveles de plomo hallados en los cigarrillos que se expenden en Lima Metropolitana con los valores publicados en estudios realizados en Brasil, Polonia y Arabia Saudita presentan diferencias significativas.

3.2. Tipo y diseño de la investigación

Esta investigación es aplicada, dado a que tiene propósitos prácticos inmediatos bien definidos, es decir, se investiga para actuar, transformar, modificar o producir cambios en un determinado sector de la realidad ⁹.

Por otra parte, el estudio es del tipo correlacional visto que pretende determinar la relación entre las concentraciones de metales y la comparación entre dichos valores con los resultados de otros estudios. De igual manera, tiene un enfoque cuantitativo porque se recolectarán datos para probar la hipótesis planteada ¹⁹.

Asimismo, este estudio se ubica en el diseño no experimental, teniendo presente que las variables, no presentan ninguna manipulación de forma intencional. De igual forma, el diseño atiende a las características transeccional correlacional, debido a que, se analiza y estudia la relación de los fenómenos estudiados en un contexto real, es decir, las variables, centrándose en el nivel o grado de relación ¹⁹. Finalmente, la investigación es de diseño ex post facto, que trata de determinar las relaciones entre las variables, tal como se presentan en la realidad, sin la intervención del investigador ²⁰. Por otra parte, es de corte longitudinal, en donde el investigador emplea para conocer los hechos y fenómenos de la realidad, ya sea en su esencia individual o en su relación a través del tiempo, pudiendo ser dos, tres o más años ²⁰.

3.3. Unidad de análisis

La unidad de análisis está compuesta por los tipos de cigarrillos que se expenden en Lima Metropolitana.

3.4. Población de estudio

La población está compuesta por 58 variedades de cigarrillos que son expendidos en locales comerciales de Lima Metropolitana.

3.5. Tamaño de muestra

La muestra está compuesta por el total de la población, 58 variedades de cigarrillos que son expendidos en locales comerciales en Lima Metropolitana.

3.6. Selección de muestra

Visto que es un estudio censal, en el cual se utiliza toda la población, el procedimiento usado para la selección de la muestra es por conveniencia, vista la necesidad de abarcar toda la población.

3.7. Técnicas de recolección de datos

La determinación de cadmio, plomo, arsénico, níquel y cromo en muestra de los cigarrillos con filtro que son expendidos en Lima Metropolitana se procesó por espectrofotometría de absorción atómica por horno de grafito en el Centro Toxicológico (CETOX).

Este proceso se fundamentó en el espectrómetro para la absorción atómica con el horno grafito, el cual permite trabajar valores reducidos en las muestras, es decir, inferior a 100 μL o en muestras orgánicas líquidas. Generalmente, se utiliza para analizar muestras de origen biológico como: suero, sangre, biopsias, orina, hepáticas, etc. ²¹.

Es pertinente mencionar que, la técnica utilizada para determinar los niveles de metales en productos considerados de alta pureza, dentro de los cuales se mencionan, los alimentos (peces y carne), fármacos y productos de origen industrial, el agua, bebidas y acuíferos. Se considera la elevada sensibilidad en niveles de plomo, de allí que se evalué los otros metales como, cadmio, cobre, arsénico, mercurio, etc. ¹⁴.

Los instrumentos y equipos utilizados son: espectrómetro de absorción atómica con horno de grafito Perkin Elmer Analyst 600 y con FIAS (Generación de Hidruros), digestor microondas Multiwave, campana extractora Labconco, balanza electrónicas Sartorius de sensibilidad de 0,0001g; baño maría con sonicador AMSCO.

“Los reactivos y materiales empleados son: agua ultra pura Tipo I, usada para la preparación de reactivos y limpieza los materiales de vidrio, ácido nítrico ultra puro, solución stock: 1000 mg/L de plomo como $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$, solución stock: 1000 mg/L de cadmio como $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2$, solución stock: 1000 mg/L de arsénico como $\text{As}(\text{NO}_3)_2$, solución stock: 1000 mg/L de níquel como $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$, solución stock: 1000 mg/L de cromo como $\text{As}(\text{NO}_3)_2$, solución modificante: ácido fosfórico (1 %) ultra puro, hidróxido de sodio Q.P., borohidruro de sodio Q.P., ioduro de potasio Q.P., fioles clase A de 25 y 100 mL, matraces de 100 mL clase A, pipetas automáticas de 100 μL - 1000 μL , pipetas automáticas de 500 μL – 5000 μL , tips de 100 μL – 1000 μL , tips de 500 μL – 5000 μL ”.

“La técnica operatoria empleada se centró en preparar la muestra, realizar la limpieza y acondicionar el material a utilizar, teniendo presente que, el material de vidrio empleado, después de ser utilizarlo se lavó con ácido nítrico y agua ultra pura, finalmente se realizó el secado en la estufa. La muestra se pesó con una balanza analítica dando como resultado 0,5 g cada una, se destruyó la materia considerada orgánica, con un microondas con el método de digestión asistida. En la primera parte la digestión de las muestras, es decir, hojas secas de tabaco, materia orgánica (DMO) producto de la oxidación, con ayuda del microondas como digestor, con la finalidad de romper los enlaces entre materiales y separar los metales de la materia orgánica. Después se procedió a pesar 0,5 g de la muestra, en un tubo de

teflón, adicionando 6 mL ácido nítrico ultra puro más 1 mL ácido clorhídrico ultra puro y 0,5 mL de agua oxigenada ultra pura al 30 % se sella y es llevado al digestor de microondas a una potencia de 1600 w, a un tiempo de 30 minutos y de 15 minutos de enfriamiento. Luego, fueron transvasados a fioles de 25 mL y enrasados con agua ultra pura tipo I quedando listos para su correspondiente lectura al espectrofotómetro de absorción atómica”.

En relación al método de digestión asistida por microondas, se puede decir que, emplea las vibraciones de los enlaces moleculares de agua, al ser expuestos a radiación del microondas produciendo calor y en consecuencia la destrucción de la materia orgánica. En la “Determinación de cadmio, plomo, arsénico, níquel y cromo: para arsénico se empleó una lámpara de cátodo hueco a una longitud de onda de 193,7 nm por generador de hidruros; para cadmio se empleó una lámpara de cátodo hueco a una longitud de onda de 228,8 nm con horno de grafito y tubo de grafito con plataforma de L’vov, con corrección de fondo con deuterio; para plomo se empleó una lámpara de cátodo hueco a una longitud de onda de 283,3 nm con horno de grafito y tubo de grafito con plataforma de L’vov, con corrección de fondo con deuterio; para cromo se empleó una lámpara de cátodo hueco a una longitud de onda de 357,9 nm por flama; para níquel se empleó una lámpara de cátodo hueco a una longitud de onda de 232,0 nm por flama”.

3.8. Análisis e interpretación de la información

La información fue procesada en el programa estadístico SPSS v.25.0, con el fin de generar información estadística para validar las hipótesis de estudio. Para el caso de la primera hipótesis específica, se analizó la información a través de cuadros de estadística de tipo descriptivo. En el caso de la segunda hipótesis específica, se utilizó la matriz de coeficiente de correlación de Pearson y la prueba de significancia del mismo, para comprobar que las correlaciones determinadas fueron estadísticamente significativas. Para el resto de las hipótesis específicas, se utilizó la prueba t-Student para corroborar que la media de las concentraciones de los metales contenidos en cigarrillos expendidos en Lima Metropolitana es diferente a lo obtenido en estudios de Brasil, Polonia y Arabia Saudita.

CAPÍTULO 4: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Análisis, interpretación y discusión de resultados

Los resultados se presentarán de acuerdo a cada objetivo de la investigación:

Para el logro del primer objetivo específico referido a determinar las concentraciones de arsénico, cadmio, cromo, níquel y plomo de los cigarrillos que se expenden en Lima Metropolitana, se presenta en el Anexo 1 los niveles de concentración de arsénico, cadmio, cromo, níquel y plomo de las 58 variedades de cigarrillos que se expenden en Lima Metropolitana.

Tabla 1. Concentraciones de arsénico, cadmio, cromo, níquel y plomo de los cigarrillos que se expenden en Lima Metropolitana

Concentraciones		arsénico	cadmio	cromo	níquel	plomo
N	Válido	58	58	58	58	58
	Perdidos	0	0	0	0	0
Media		0,0566	0,3122	0,7098	20,6412	3,9407
Moda		0,0280a	0,3300a	0,5900a	24,6500a	1,8400a
Desviación		0,0559	0,0941	0,4036	6,6037	2,6196
% respecto a la media		98,68	30,14	56,85	31,99	66,47
Mínimo		0,0210	0,0290	0,2800	10,4500	0,6900
Máximo		0,4500	0,5500	1,6600	33,5800	9,3800
"a" Existen múltiples modos. Se muestra el valor más pequeño.						

Fuente: Elaboración propia, enero 2013.

En cuanto al arsénico, se observa que el nivel de concentración promedio en los cigarrillos expendidos en Lima Metropolitana es 0,0566 $\mu\text{g/g}$; siendo el valor mínimo 0,0210 $\mu\text{g/g}$ y el valor máximo 0,4500 $\mu\text{g/g}$; con una alta dispersión o variabilidad de 0,0559; que representa el 98,68 % respecto a la media (ver Tabla 1).

Con relación al cadmio, se observa que el nivel de concentración promedio en los cigarrillos expendidos en Lima Metropolitana es 0,3122 $\mu\text{g/g}$, siendo el valor mínimo 0,0290 $\mu\text{g/g}$ y el valor máximo 0,5500 $\mu\text{g/g}$; con una significativa dispersión o variabilidad de 0,0941; que representa el 30,14 % respecto a la media (ver Tabla 1).

También, se puede determinar que el nivel de concentración promedio de cromo en los cigarrillos expendidos en Lima Metropolitana es 0,7098 $\mu\text{g/g}$, siendo el valor mínimo 0,2800 $\mu\text{g/g}$ y el valor máximo 1,6600 $\mu\text{g/g}$; con una alta dispersión o variabilidad de 0,4036; que representa el 56,85 % respecto a la media (ver Tabla 1).

En cuanto a la concentración de níquel, se observa que su promedio alcanzó la cifra de 20,6412 $\mu\text{g/g}$, siendo el valor mínimo 10,4500 $\mu\text{g/g}$ y el valor máximo 33,5800 $\mu\text{g/g}$; con una significativa alta dispersión o variabilidad de 6,6037; que representa el 31,99 % respecto a la media (ver Tabla 1).

Finalmente, con relación al plomo, se observa que el nivel de concentración promedio en los cigarrillos expendidos en Lima Metropolitana es 3,9407 $\mu\text{g/g}$, siendo el valor mínimo 0,6900 $\mu\text{g/g}$ y el valor máximo 9,3800 $\mu\text{g/g}$; con una alta dispersión o variabilidad de 2,6196; que representa el 66,47 % respecto a la media (ver Tabla 1).

Para el desarrollo del segundo objetivo específico, definido como establecer la correlación entre los niveles de arsénico, cadmio, cromo, níquel y plomo en los cigarrillos que se expenden en Lima Metropolitana, se debe realizar la prueba de significancia del coeficiente de correlación de Pearson.

Para ello, se construyó la matriz de correlaciones (ver Tabla 2) y se establecieron las siguientes hipótesis estadísticas:

H_0 : “No existe relación significativa entre las concentraciones de dos metales contenidas en los cigarrillos que se expenden en Lima Metropolitana”.

H₁: “Existe relación significativa entre las concentraciones de dos metales, contenidos en los cigarrillos que se expenden en Lima Metropolitana”.

Criterio de aceptación de hipótesis nula (H₀): Si el p-valor obtenido a través del SPSS con los datos muestrales es mayor al nivel de significancia de 5 %, entonces se acepta H₀; por lo que existe suficiente evidencia estadística para afirmar que no existe una relación significativa entre las concentraciones de los dos metales contenidas en los cigarrillos que se expenden en Lima Metropolitana.

Tabla 2. Matriz de correlaciones de las concentraciones de metales

Correlaciones							
Variable de control			arsénico	cadmio	cromo	níquel	plomo
Código de la muestra	arsénico	Correlación	1,0000	0,021	0,244	0,071	0,082
		Significación (Bilateral)		0,877	0,067	0,600	0,542
		gl	0	55	55	55	55
	cadmio	Correlación	0,021	1,000	0,121	0,164	0,239
		Significación (Bilateral)	0,877		0,369	0,223	0,074
		gl	55	0	55	55	55
	cromo	Correlación	0,244	0,121	1,000	0,260	0,842
		Significación (Bilateral)	0,067	0,369		0,051	0,000
		gl	55	55	0	55	55
	níquel	Correlación	0,071	0,164	0,260	1,000	0,443
		Significación (Bilateral)	0,600	0,223	0,051		0,001
		gl	55	55	55	0	55
	plomo	Correlación	0,082	0,239	0,842	0,443	1,000
		Significación (Bilateral)	0,542	0,074	0,000	0,001	
		gl	55	55	55	55	0

Fuente: Elaboración propia, enero 2013.

Se observa que las únicas correlaciones significativas, se presentan entre:

- Las concentraciones de cromo y plomo, visto que el p-valor es muy cercano a "0"; así siendo, menor que el nivel de significancia ($p < 0,05$); entonces se puede señalar que el coeficiente de correlación de Pearson es estadísticamente significativo (ver Tabla 2). Además, siendo ese coeficiente igual a 0,842 ($r = 0,842$), se puede afirmar que existe una relación positiva alta entre los niveles de concentraciones de cromo y plomo en los cigarrillos que se expenden en Lima Metropolitana.
- Las concentraciones de níquel y plomo, visto que el p-valor es 0,001; así siendo, menor que el nivel de significancia ($p < 0,05$); entonces se puede señalar que el coeficiente de correlación de Pearson es estadísticamente significativo (ver Tabla 2). Además, siendo ese coeficiente igual a 0,443 ($r = 0,443$), se puede afirmar que existe una relación positiva media entre los niveles de concentraciones de níquel y plomo en los cigarrillos que se expenden en Lima Metropolitana.

El resto de los coeficientes de correlación determinados no son significativos (ver Tabla 2), por las siguientes razones:

- El p-valor asociado al coeficiente de correlación entre las concentraciones de arsénico y cadmio es 0,877; el cual supera el nivel de significancia ($p > 0,05$); así se acepta " H_0 = No existe relación significativa entre las concentraciones de estos dos metales, contenidos en los cigarrillos que se expenden en Lima Metropolitana".
- El p-valor asociado al coeficiente de correlación entre las concentraciones de arsénico y cromo es 0,067; el cual supera el nivel de significancia ($p > 0,05$); así se acepta " H_0 = No existe relación significativa entre las concentraciones de estos dos metales, contenidos en los cigarrillos que se expenden en Lima Metropolitana".

- El p-valor asociado al coeficiente de correlación entre las concentraciones de arsénico y níquel es 0,600; el cual supera el nivel de significancia ($p > 0,05$); así se acepta " H_0 = No existe relación significativa entre las concentraciones de estos dos metales, contenidos en los cigarrillos que se expenden en Lima Metropolitana".
- El p-valor asociado al coeficiente de correlación entre las concentraciones de arsénico y plomo es 0,542; el cual supera el nivel de significancia ($p > 0,05$); así se acepta " H_0 = No existe relación significativa entre las concentraciones de estos dos metales, contenidos en los cigarrillos que se expenden en Lima Metropolitana".
- El p-valor asociado al coeficiente de correlación entre las concentraciones de cadmio y cromo es 0,369; el cual supera el nivel de significancia ($p > 0,05$); así se acepta " H_0 = No existe relación significativa entre las concentraciones de estos dos metales, contenidos en los cigarrillos que se expenden en Lima Metropolitana".
- El p-valor asociado al coeficiente de correlación entre las concentraciones de cadmio y níquel es 0,223; el cual supera el nivel de significancia ($p > 0,05$); así se acepta " H_0 = No existe relación significativa entre las concentraciones de estos dos metales, contenidos en los cigarrillos que se expenden en Lima Metropolitana".
- El p-valor asociado al coeficiente de correlación entre las concentraciones de cromo y níquel es 0,051; el cual supera por muy poco el nivel de significancia ($p > 0,05$); así se acepta " H_0 = No existe relación significativa entre las concentraciones de estos dos metales, contenidos en los cigarrillos que se expenden en Lima Metropolitana".

- El p-valor asociado al coeficiente de correlación entre las concentraciones de cadmio y plomo es 0,074; el cual supera el nivel de significancia ($p > 0,05$); así se acepta " H_0 = No existe relación significativa entre las concentraciones de estos dos metales, contenidos en los cigarrillos que se expenden en Lima Metropolitana".

La alta correlación entre las concentración de cromo y plomo en los cigarrillos que se expenden en Lima Metropolitana refleja una relación positiva casi perfecta (ver Figura 1). En dicha figura, se observa la recta de pendiente positiva (muy cercana a uno), mostrando la evidente asociación lineal entre las concentraciones de dichos metales.

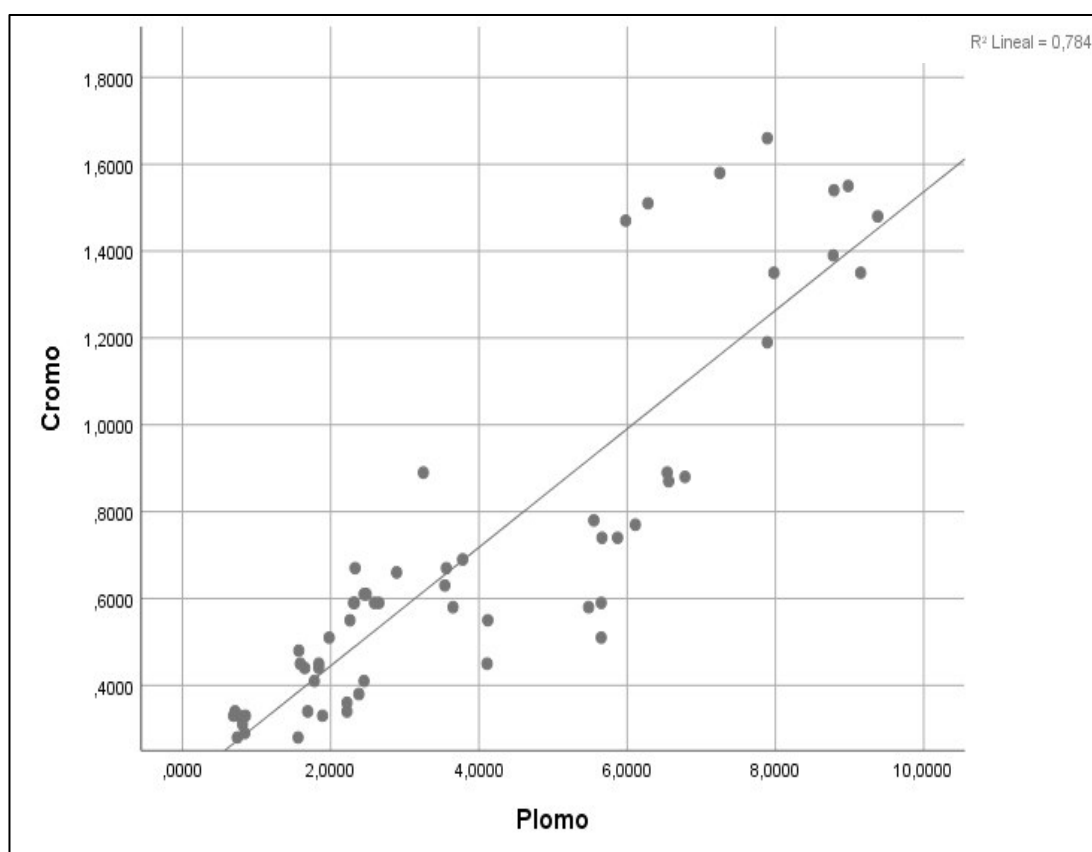


Figura 1. Diagrama de dispersión entre las concentraciones de plomo y cromo. Fuente: Elaboración propia, enero 2013.

En cuanto a la correlación media entre las concentraciones de plomo y níquel en los cigarrillos que se expenden en Lima Metropolitana refleja una relación positiva no tan perfecta (ver Figura 2). En dicha figura, se observa la recta de pendiente positiva menos inclinada que la observada en la Figura 1, mostrando una buena asociación lineal entre las concentraciones de dichos metales.

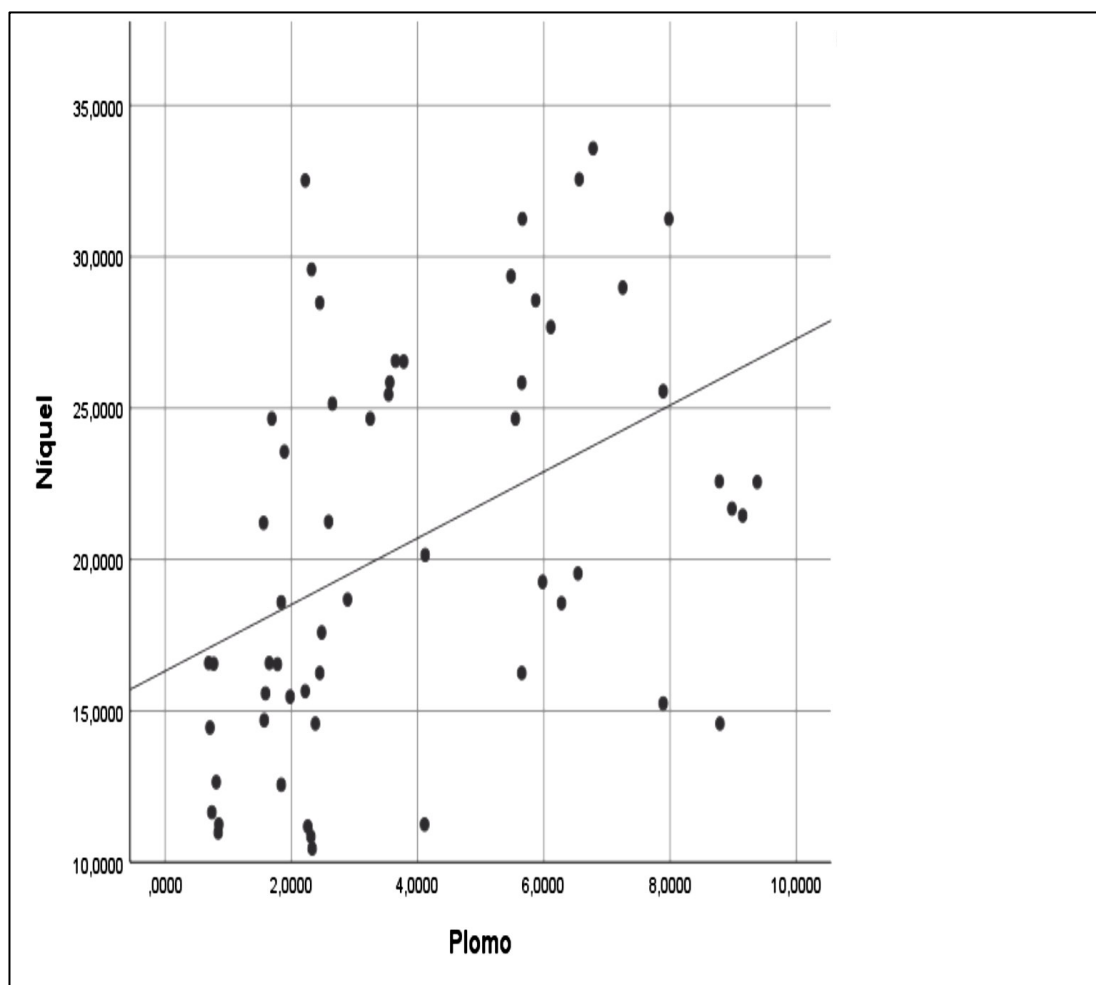


Figura 2. Diagrama de dispersión entre las concentraciones de plomo y níquel. Fuente: Elaboración propia, enero 2013.

Para el cumplimiento de los siguientes objetivos específicos se aplicó la prueba t-Student, para comprobar si las concentraciones de un determinado metal presente en los cigarrillos que se expenden en Lima Metropolitana son diferentes a los valores publicados en estudios realizados en Brasil, Polonia y Arabia Saudita.

Así, el tercer objetivo específico requiere comparar los niveles de arsénico hallados en los cigarrillos que se expenden en Lima Metropolitana con los valores publicados en estudios realizados en Brasil, Polonia y Arabia Saudita. En primer lugar, debe destacarse que sólo en el estudio de Brasil se midió la concentración de este metal logrando obtener el valor de 0,09 µg/g. Así, para el diseño de la prueba estadística se define las siguientes hipótesis estadísticas:

H_0 : “Concentración de arsénico en cigarrillos que se expenden en Lima Metropolitana = 0,09 µg/g”.

H_1 : “Concentración de arsénico en cigarrillos que se expenden en Lima Metropolitana \neq 0,09 µg/g”.

“Criterio de aceptación de hipótesis nula (H_0): Si el p-valor obtenido a través del SPSS, con datos muestrales mayores al nivel de significancia de 5 %, entonces se acepta H_0 ; por lo que existe suficiente evidencia estadística para afirmar que la concentración de arsénico en cigarrillos que se expenden en Lima Metropolitana = 0,09 µg/g (nivel obtenido en el estudio de Brasil)”.

**Tabla 3. Prueba t-Student para comparar niveles de arsénico
“Lima Metropolitana vs. Brasil”**

Estadísticas para una muestra				
Metal	N	Media	Desviación	Desviación error promedio
arsénico	58	0,056603	0,0558535	0,0073339

Prueba para una muestra Valor de prueba = 0,09						
Metal	t	gl	Significación (Bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
arsénico	-4,554	57	0,000	- 0,333966	- 0,048082	- 0,018711

Fuente: Elaboración propia, enero 2013.

En la Tabla 3, se observa que (p-valor) es muy cercano a cero; siendo menor al nivel de confianza ($p < 0,05$); entonces se rechaza la hipótesis nula y se asume que el nivel promedio de concentración de arsénico en cigarrillos expendidos en Lima Metropolitana es $0,0566 \mu\text{g/g}$, distinto al valor determinado en Brasil que fue de $0,09 \mu\text{g/g}$. De esta manera, la evidencia estadística certifica que el nivel de arsénico contenido en los cigarrillos expendidos en Lima Metropolitana es menor al observado en los cigarrillos que se expenden en Brasil.

Cabe destacar que, de las 58 variedades de cigarrillos que se expenden en Lima Metropolitana, solo una supera el nivel de arsénico presente al registrado en el estudio de Brasil (ver Figura 3).

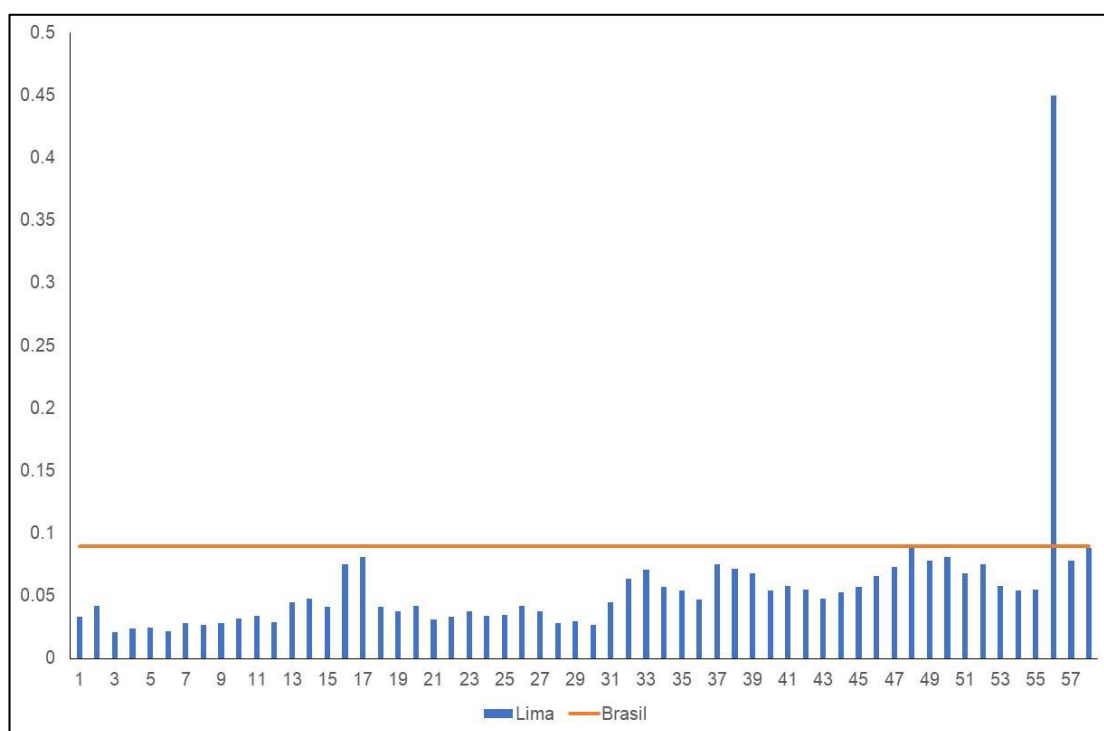


Figura 3. Comparación de niveles de arsénico en cigarrillos “Lima Metropolitana vs. Brasil”. Fuente: Elaboración propia, enero 2013.

El cuarto objetivo específico se refiere a comparar los niveles de cadmio hallados en los cigarrillos que se expenden en Lima Metropolitana con los valores publicados en estudios realizados en Brasil, Polonia y Arabia Saudita, para ello es necesario precisar que en los tres estudios se realizó la medición de este metal.

En el caso de Arabia Saudita, la concentración de cadmio se ubicó en 1,81 $\mu\text{g/g}$; así para el diseño de la prueba estadística se define las siguientes hipótesis estadísticas:

H_0 : “Concentración de cadmio en cigarrillos que se expenden en Lima Metropolitana = 1,81 $\mu\text{g/g}$ ”.

H_1 : “Concentración de cadmio en cigarrillos que se expenden en Lima Metropolitana \neq 1,81 $\mu\text{g/g}$ ”.

“Criterio de aceptación de hipótesis nula (H_0): Si el p-valor obtenido a través del SPSS, cuando los datos muestrales son mayores al nivel de significancia de 5 %, entonces se acepta H_0 ; por lo que existe suficiente evidencia estadística para afirmar que la concentración de cadmio en cigarrillos que se expenden en Lima Metropolitana = 1,81 $\mu\text{g/g}$ (nivel obtenido en el estudio de Arabia Saudita)”.

**Tabla 4. Prueba t-Student para comparar niveles de cadmio
“Lima Metropolitana vs. Arabia Saudita”**

Estadísticas para una muestra				
Metal	N	Media	Desviación	Desviación error promedio
cadmio	58	0,312224	0,0941047	0,0123565

Prueba para una muestra						
Valor de prueba = 1,81						
Metal	t	gl	Significación (Bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
cadmio	-121,213	57	0,000	- 1,4977759	- 1,522519	- 1,473032

Fuente: Elaboración propia, enero 2013.

En la Tabla 4, se observa que el (p-valor) es muy cercano a cero; siendo menor al nivel de confianza ($p < 0,05$), entonces se rechaza la hipótesis nula y se asume que el nivel promedio de concentración de cadmio en cigarrillos expendidos en Lima Metropolitana es $0,3122 \mu\text{g/g}$, distinto al valor determinado en Arabia Saudita que fue de $1,81 \mu\text{g/g}$. De esta manera, la evidencia estadística certifica que el nivel de cadmio contenido en los cigarrillos expendidos en Lima Metropolitana es menor al observado en los cigarrillos que se expenden en Arabia Saudita.

Cabe destacar que, de las 58 variedades de cigarrillos que se expenden en Lima Metropolitana, ninguna supera el nivel de cadmio presente al registrado en el estudio de Arabia Saudita (ver Figura 4).

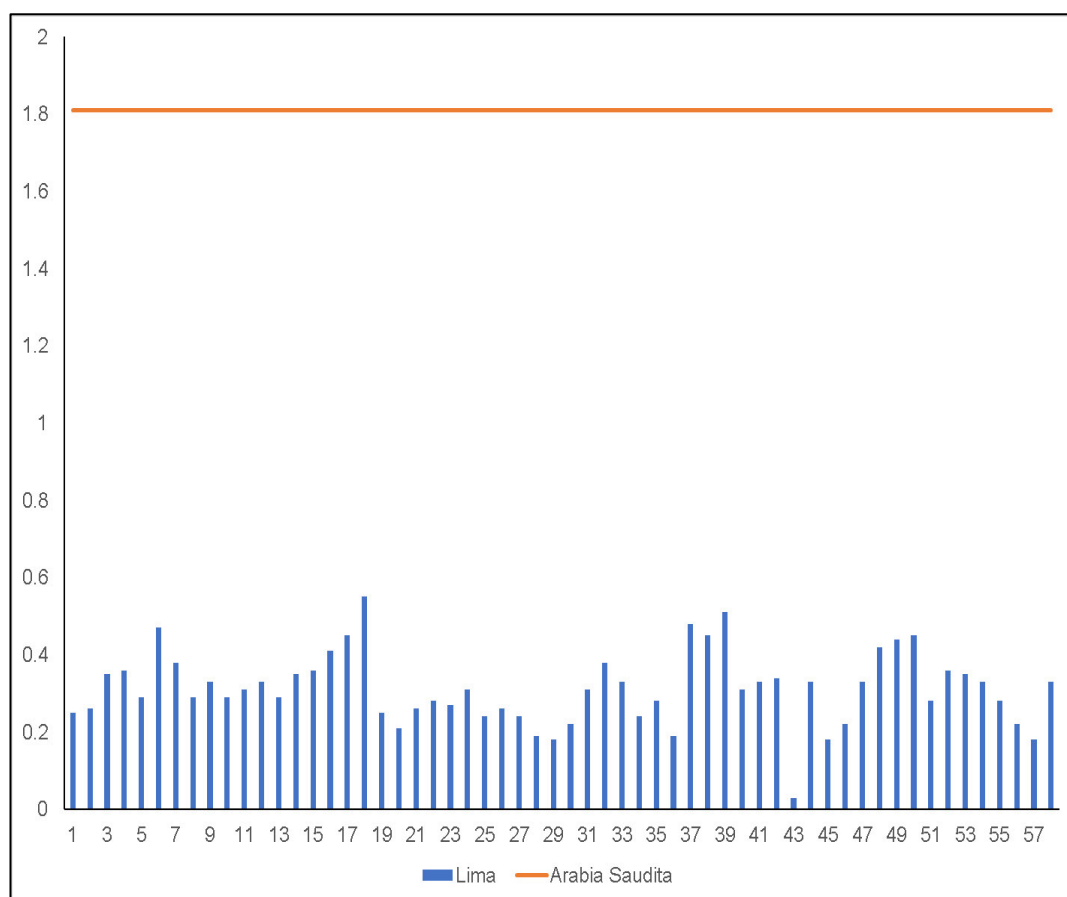


Figura 4. Comparación de niveles de cadmio en cigarrillos “Lima Metropolitana vs. Arabia Saudita”. Fuente: Elaboración propia, enero 2013.

En el caso de Brasil, la concentración de cadmio se ubicó en 0,145 µg/g; así para el diseño de la prueba estadística se define las siguientes hipótesis estadísticas:

H_0 : “Concentración de cadmio en cigarrillos que se expenden en Lima Metropolitana = 0,145 µg/g”.

H_1 : “Concentración de cadmio en cigarrillos que se expenden en Lima Metropolitana \neq 0,145 µg/g”.

“Criterio de aceptación de hipótesis nula (H_0): Si el p-valor obtenido a través del SPSS, cuando los datos muestrales son mayores al nivel de significancia de 5 %, entonces se acepta H_0 ; por lo que existe suficiente evidencia estadística para afirmar que la concentración de cadmio en cigarrillos que se expenden en Lima Metropolitana = 0,145 µg/g (nivel obtenido en el estudio de Brasil)”.

**Tabla 5. Prueba t-Student para comparar niveles de cadmio
“Lima Metropolitana vs. Brasil”**

Estadísticas para una muestra				
Metal	N	Media	Desviación	Desviación error promedio
cadmio	58	0,312224	0,0941047	0,0123565

Prueba para una muestra Valor de prueba = 0,145						
Metal	t	gl	Significación (Bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
cadmio	13,533	57	0,000	0,1672241	0,142481	0,191968

Fuente: Elaboración propia, enero 2013.

En la Tabla 5, se observa que el (p-valor) es muy cercano a cero; siendo menor al nivel de confianza ($p < 0,05$); entonces se rechaza la hipótesis nula y se asume que el nivel promedio de concentración de cadmio en cigarrillos expendidos en Lima Metropolitana es $0,3122 \mu\text{g/g}$; distinto al valor determinado en Brasil que fue de $0,145 \mu\text{g/g}$. De esta manera, la evidencia estadística certifica que el nivel de cadmio contenido en los cigarrillos expendidos en Lima Metropolitana es mayor al observado en los cigarrillos que se expenden en Brasil.

Cabe destacar que, de las 58 variedades de cigarrillos que se expenden en Lima Metropolitana, solo una es inferior al nivel de cadmio presente al registrado en el estudio de Brasil (ver Figura 5).

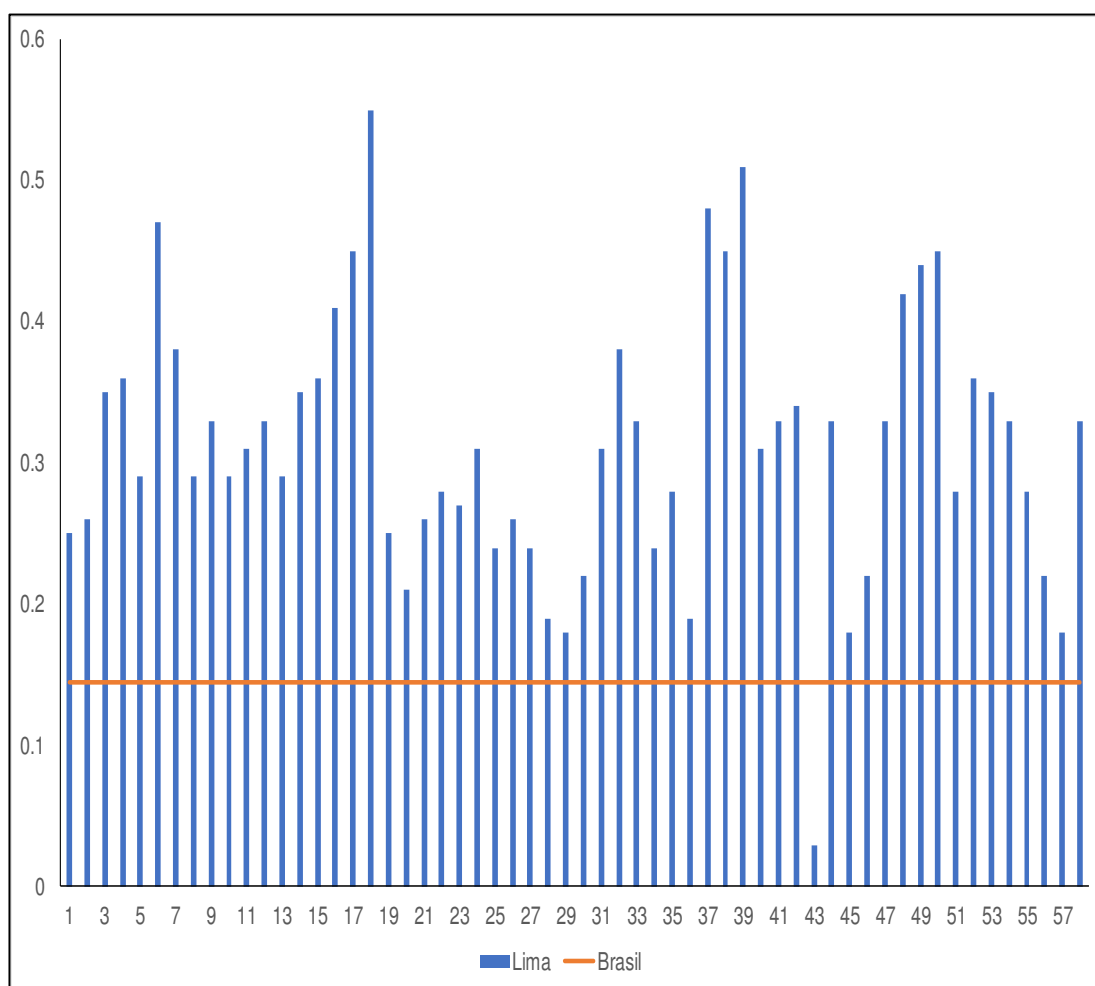


Figura 5. Comparación de niveles de cadmio en cigarrillos “Lima Metropolitana vs. Brasil”. Fuente: Elaboración propia, enero 2013.

En el caso de Polonia, la concentración de cadmio se ubicó en 0,6801 $\mu\text{g/g}$; así para el diseño de la prueba estadística se define las siguientes hipótesis estadísticas:

H_0 : “Concentración de cadmio en cigarrillos que se expenden en Lima Metropolitana = 0,6801 $\mu\text{g/g}$ ”.

H_1 : “Concentración de cadmio en cigarrillos que se expenden en Lima Metropolitana \neq 0,6801 $\mu\text{g/g}$ ”.

“Criterio de aceptación de hipótesis nula (H_0): Si el p-valor obtenido a través del SPSS, cuando los datos muestrales son mayores al nivel de significancia de 5 %, entonces se acepta H_0 ; por lo que existe suficiente evidencia estadística para afirmar que la concentración de cadmio en cigarrillos que se expenden en Lima Metropolitana = 0,6801 $\mu\text{g/g}$ (nivel obtenido en el estudio de Polonia)”.

**Tabla 6. Prueba t-Student para comparar niveles de cadmio
“Lima Metropolitana vs. Polonia”**

Estadísticas para una muestra				
Metal	N	Media	Desviación	Desviación error promedio
cadmio	58	0,312224	0,0941047	0,0123565

Prueba para una muestra Valor de prueba = 0,6801						
Metal	t	gl	Significación (Bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
cadmio	-29,772	57	0,000	- 0,3678759	- 0,392619	- 0,343132

Fuente: Elaboración propia, enero 2013.

En la Tabla 6, se observa que el (p-valor) es muy cercano a cero; siendo menor al nivel de confianza ($p < 0,05$); entonces se rechaza la hipótesis nula y se asume que el nivel promedio de concentración de cigarrillos expendidos en Lima Metropolitana es 0,3122 $\mu\text{g/g}$; distinto al valor determinado en Polonia que fue de 0,6801 $\mu\text{g/g}$. De esta manera, la evidencia estadística certifica que el nivel de cadmio contenido en los cigarrillos expendidos en Lima Metropolitana es menor al observado en los cigarrillos que se expenden en Polonia.

Cabe destacar que, de las 58 variedades de cigarrillos que se expenden en Lima Metropolitana, ninguna supera al nivel de cadmio al registrado en el estudio de Polonia (ver Figura 6).

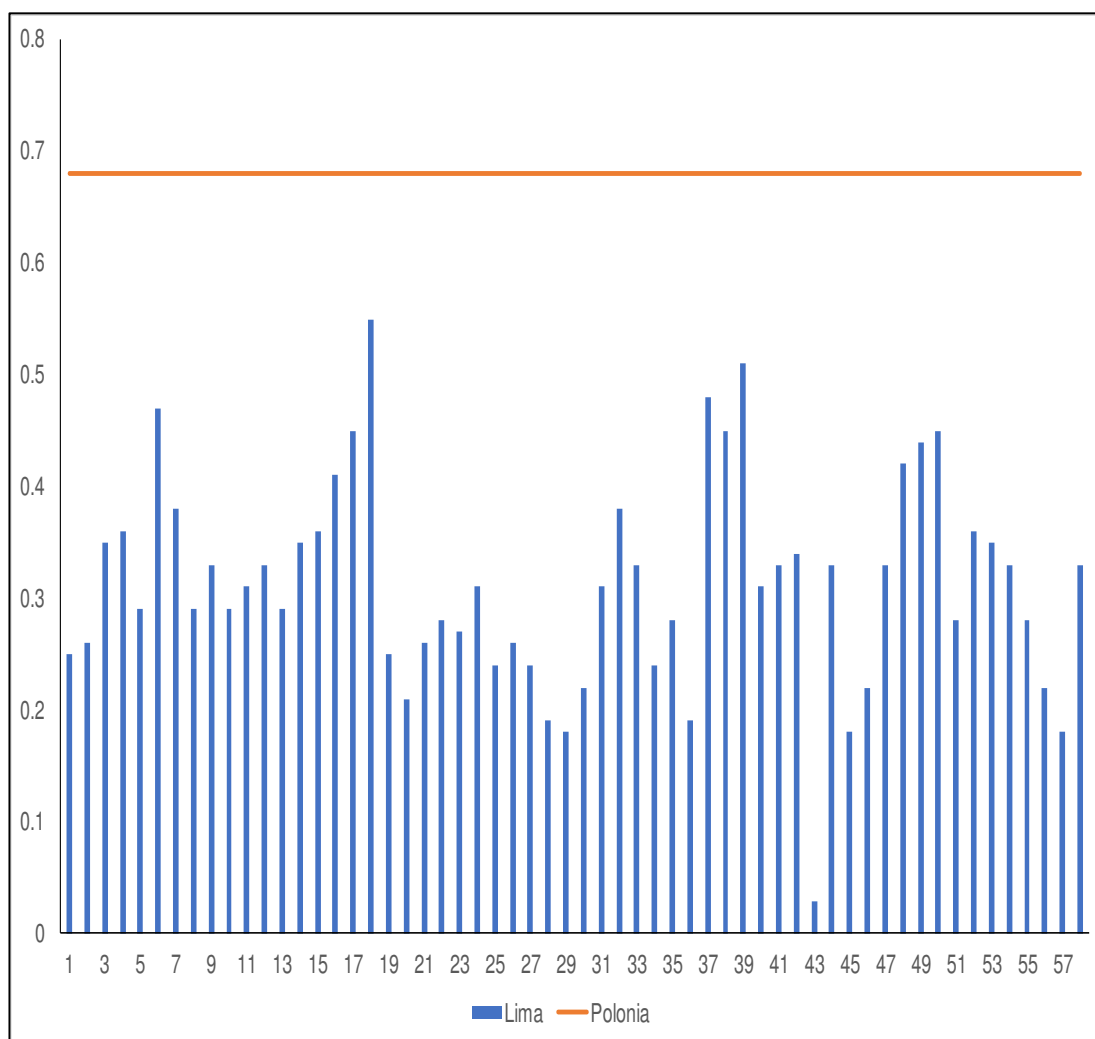


Figura 6. Comparación de niveles de cadmio en cigarrillos “Lima Metropolitana vs. Polonia”. Fuente: Elaboración propia, enero 2013.

Para el quinto objetivo específico denominado comparar los niveles de cromo hallados en los cigarrillos que se expenden en Lima Metropolitana con los valores publicados en estudios realizados en Brasil, Polonia y Arabia Saudita, debe destacarse que sólo en el estudio de Brasil se midió la concentración de este metal logrando obtenerse el valor de 1,43 µg/g. Así, para el diseño de la prueba estadística se define las siguientes hipótesis estadísticas:

H_0 : “Concentración de cromo en cigarrillos que se expenden en Lima Metropolitana = 1,43 µg/g”.

H_1 : “Concentración de cromo en cigarrillos que se expenden en Lima Metropolitana \neq 1,43 µg/g”.

“Criterio de aceptación de hipótesis nula (H_0): Si el p-valor obtenido a través del SPSS, cuando los datos muestrales son mayores al nivel de significancia de 5 %, entonces se acepta H_0 ; por lo que existe suficiente evidencia estadística para afirmar que la concentración de cromo en cigarrillos que se expenden en Lima Metropolitana = 1,43 µg/g (nivel obtenido en el estudio de Brasil)”.

Tabla 7. Prueba t-Student para comparar niveles de cromo
“Lima Metropolitana vs. Brasil”

Estadísticas para una muestra				
Metal	N	Media	Desviación	Desviación error promedio
cromo	58	0,709828	0,4035565	0,0529896

Prueba para una muestra Valor de prueba = 1,43						
Metal	t	gl	Significación (Bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
cromo	-13,591	57	0,000	- 0,7201724	- 0,826282	- 0,614063

Fuente: Elaboración propia, enero 2013.

En la tabla 7, se observa que el (p-valor) es muy cercano a cero; siendo menor al nivel de confianza ($p < 0,05$); entonces se rechaza la hipótesis nula y se asume que el nivel promedio de concentración de cromo en cigarrillos expendidos en Lima Metropolitana es $0,7098 \mu\text{g/g}$; distinto al valor determinado en Brasil que fue de $1,43 \mu\text{g/g}$. De esta manera, la evidencia estadística certifica que el nivel de cromo contenido en los cigarrillos expendidos en Lima Metropolitana es menor al observado en los cigarrillos que se expenden en Brasil.

Cabe destacar que, de las 58 variedades de cigarrillos que se expenden en Lima Metropolitana, siete de ellas superan al nivel de cromo presente al registrado en el estudio de Brasil (ver Figura 7).

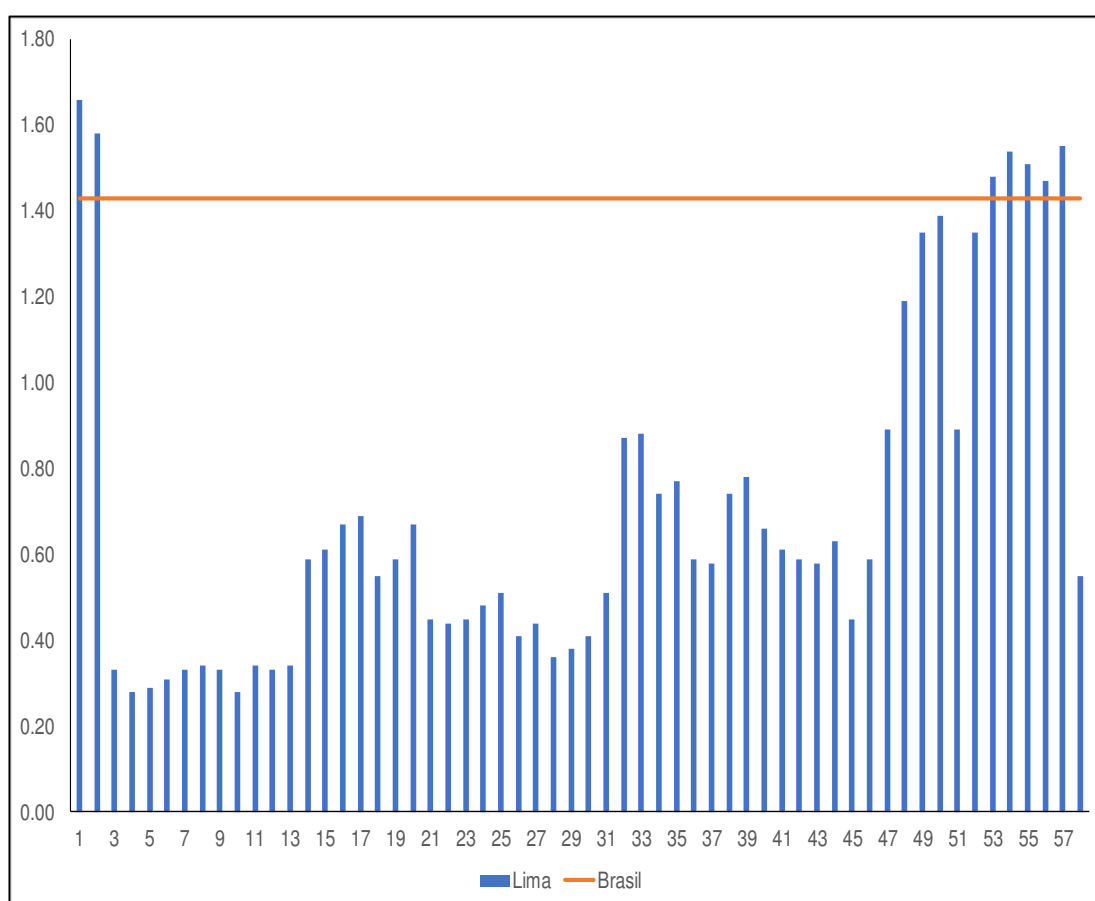


Figura 7. Comparación de niveles de cromo en cigarrillos “Lima Metropolitana y Brasil”. Fuente: Elaboración propia, enero 2013.

Con relación al sexto objetivo específico identificado como comparar los niveles de níquel hallados en los cigarrillos que se expenden en Lima Metropolitana con los valores publicados en estudios realizados en Brasil, Polonia y Arabia Saudita, debe destacarse que sólo en el estudio de Brasil se midió la concentración de este metal logrando obtenerse el valor de 0,449 $\mu\text{g/g}$. Así, para el diseño de la prueba estadística se define las siguientes hipótesis estadísticas:

H_0 : “Concentración de níquel en cigarrillos que se expenden en Lima Metropolitana = 0,449 $\mu\text{g/g}$ ”.

H_1 : “Concentración de níquel en cigarrillos que se expenden en Lima Metropolitana \neq 0,449 $\mu\text{g/g}$ ”.

“Criterio de aceptación de hipótesis nula (H_0): Si el p-valor obtenido a través del SPSS, cuando los datos muestrales son mayores al nivel de significancia de 5 %, entonces se acepta H_0 ; por lo que existe suficiente evidencia estadística para afirmar que la concentración de níquel en cigarrillos que son expendidos en Lima Metropolitana = 0,449 $\mu\text{g/g}$ (nivel obtenido en el estudio de Brasil)”.

Tabla 8. Prueba t-Student para comparar niveles de níquel
“Lima Metropolitana vs. Brasil”

Estadísticas para una muestra				
Metal	N	Media	Desviación	Desviación error promedio
níquel	58	20,641,207	6,6036649	0,8671037

Prueba para una muestra Valor de prueba = 0,449						
Metal	t	gl	Significación (Bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
níquel	23,287	57	0,000	20,1922069	18,455862	21,928552

Fuente: Elaboración propia, enero 2013.

En la Tabla 8, se observa que el (p-valor) es muy cercano a cero; siendo menor al nivel de confianza ($p < 0,05$); entonces se rechaza la hipótesis nula y se asume que el nivel promedio de concentración de níquel en cigarrillos expendidos en Lima Metropolitana es 20,6412 $\mu\text{g/g}$; distinto al valor determinado en Brasil que fue de 0,449 $\mu\text{g/g}$. De esta manera, la evidencia estadística certifica que el nivel de níquel contenido en los cigarrillos expendidos en Lima Metropolitana es mayor al observado en los cigarrillos que se expenden en Brasil.

Cabe destacar que, de las 58 variedades de cigarrillos que se expenden en Lima Metropolitana, todas superan en cuanto al nivel de níquel presente al registrado en el estudio de Brasil (ver Figura 8).

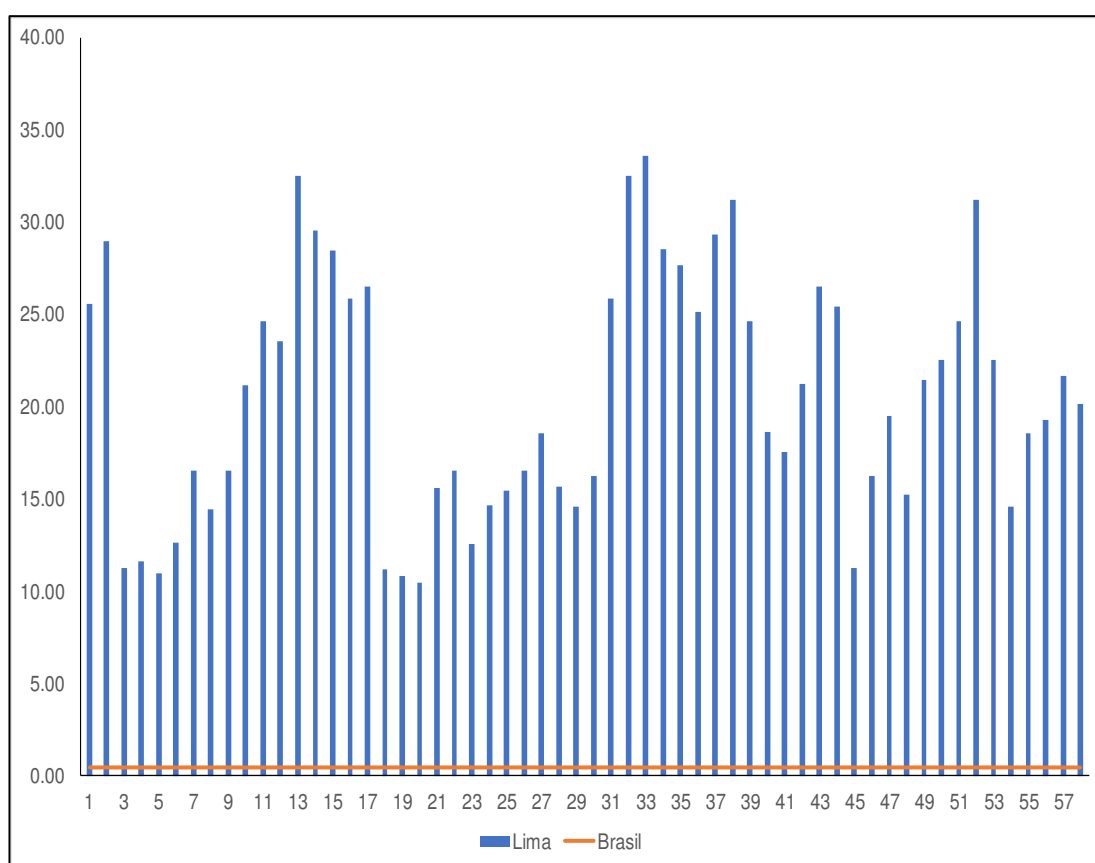


Figura 8. Comparación de niveles de níquel en cigarrillos “Lima Metropolitana vs. Brasil”. Fuente: Elaboración propia, enero 2013.

En cuanto al sétimo objetivo específico descrito como comparar los niveles de plomo hallados en los cigarrillos que se expenden en Lima Metropolitana con los valores publicados en estudios realizados en Brasil, Polonia y Arabia Saudita, es necesario precisar que en los tres estudios se realizó la medición de este metal.

En el caso de Arabia Saudita, la concentración de plomo se ubicó en 2,46 $\mu\text{g/g}$; así para el diseño de la prueba estadística se define las siguientes hipótesis estadísticas:

H_0 : “Concentración de plomo en cigarrillos que se expenden en Lima Metropolitana = 2,46 $\mu\text{g/g}$ ”.

H_1 : “Concentración de plomo en cigarrillos que se expenden en Lima Metropolitana \neq 2,46 $\mu\text{g/g}$ ”.

“Criterio de aceptación de hipótesis nula (H_0): Si el p-valor obtenido a través del SPSS, cuando los datos muestrales son mayores al nivel de significancia de 5 %, entonces se acepta H_0 ; por lo que existe suficiente evidencia estadística para afirmar que la concentración de plomo en cigarrillos que se expenden en Lima Metropolitana = 2,46 $\mu\text{g/g}$ (nivel obtenido en el estudio de Arabia Saudita)”.

Tabla 9. Prueba t-Student para comparar niveles de plomo
“Lima Metropolitana vs. Arabia Saudita”

Estadísticas para una muestra				
Metal	N	Media	Desviación	Desviación error promedio
plomo	58	3,940,690	2,6195599	0,3439651

Prueba para una muestra Valor de prueba = 2,46						
Metal	t	gl	Significación (Bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
plomo	4,305	57	0,000	1,4806897	0,791911	2,169468

Fuente: Elaboración propia, enero 2013.

En la Tabla 9, se observa que el (p-valor) es muy cercano a cero; siendo menor al nivel de confianza ($p < 0,05$); entonces se rechaza la hipótesis nula y se asume que el nivel promedio de concentración de plomo en cigarrillos expendidos en Lima Metropolitana es 3,9407 $\mu\text{g/g}$; distinto al valor determinado en Arabia Saudita que fue de 2,46 $\mu\text{g/g}$. De esta manera, la evidencia estadística certifica que el nivel de plomo contenido en los cigarrillos expendidos en Lima Metropolitana es mayor al observado en los cigarrillos que se expenden en Arabia Saudita.

Cabe destacar que, de las 58 variedades de cigarrillos que se expenden en Lima Metropolitana, 32 superan el nivel de plomo presente al registrado en el estudio de Arabia Saudita (ver Figura 9).

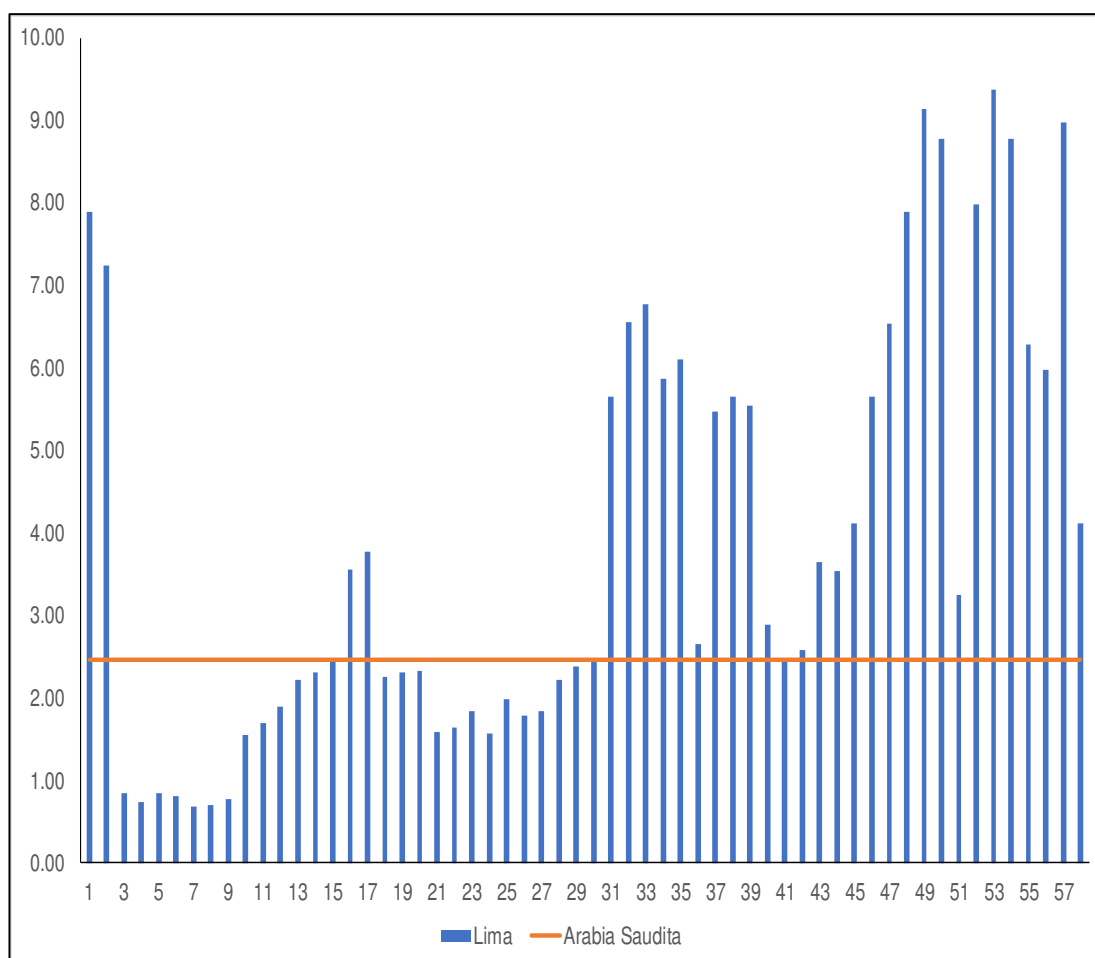


Figura 9. Comparación de niveles de plomo en cigarrillos “Lima Metropolitana vs. Arabia Saudita”. Fuente: Elaboración propia, enero 2013.

En el caso de Brasil, la concentración de plomo se ubicó en 0,27 $\mu\text{g/g}$; así para el diseño de la prueba estadística se define las siguientes hipótesis estadísticas:

H_0 : “Concentración de plomo en cigarrillos que se expenden en Lima Metropolitana = 0,27 $\mu\text{g/g}$ ”.

H_1 : “Concentración de plomo en cigarrillos que se expenden en Lima Metropolitana \neq 0,27 $\mu\text{g/g}$ ”.

“Criterio de aceptación de hipótesis nula (H_0): Si el p-valor obtenido a través del SPSS, cuando los datos muestrales son mayores al nivel de significancia de 5 %, entonces se acepta H_0 ; por lo que existe suficiente evidencia estadística para afirmar que la concentración de plomo en cigarrillos que se expenden en Lima Metropolitana = 0,27 $\mu\text{g/g}$ (nivel obtenido en el estudio de Brasil)”.

**Tabla 10. Prueba t-Student para comparar niveles de plomo
“(Lima Metropolitana vs. Brasil)”**

Estadísticas para una muestra				
Metal	N	Media	Desviación	Desviación error promedio
Plomo	58	3,940,690	2,6195599	0,3439651

Prueba para una muestra						
Valor de prueba = 0,27						
Metal	t	gl	Significación (Bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
Plomo	10,672	57	0,000	3,6706897	2,981911	4,359468

Fuente: Elaboración propia, enero 2013.

En la tabla 10, se observa que el (p-valor) es muy cercano a cero, siendo menor al nivel de confianza ($p < 0,05$); entonces se rechaza la hipótesis nula y se asume que el nivel promedio de concentración de plomo en cigarrillos expendidos en Lima Metropolitana es 3,9407 $\mu\text{g/g}$; distinto al valor determinado en Brasil que fue de 0,27 $\mu\text{g/g}$. De esta manera, la evidencia estadística certifica que el nivel de plomo contenido en los cigarrillos expendidos en Lima Metropolitana es mayor al observado en los cigarrillos que se expenden en Brasil.

Cabe destacar que, de las 58 variedades de cigarrillos que se expenden en Lima Metropolitana, todas superan el nivel de plomo presente al registrado en el estudio de Brasil (ver Figura 10).

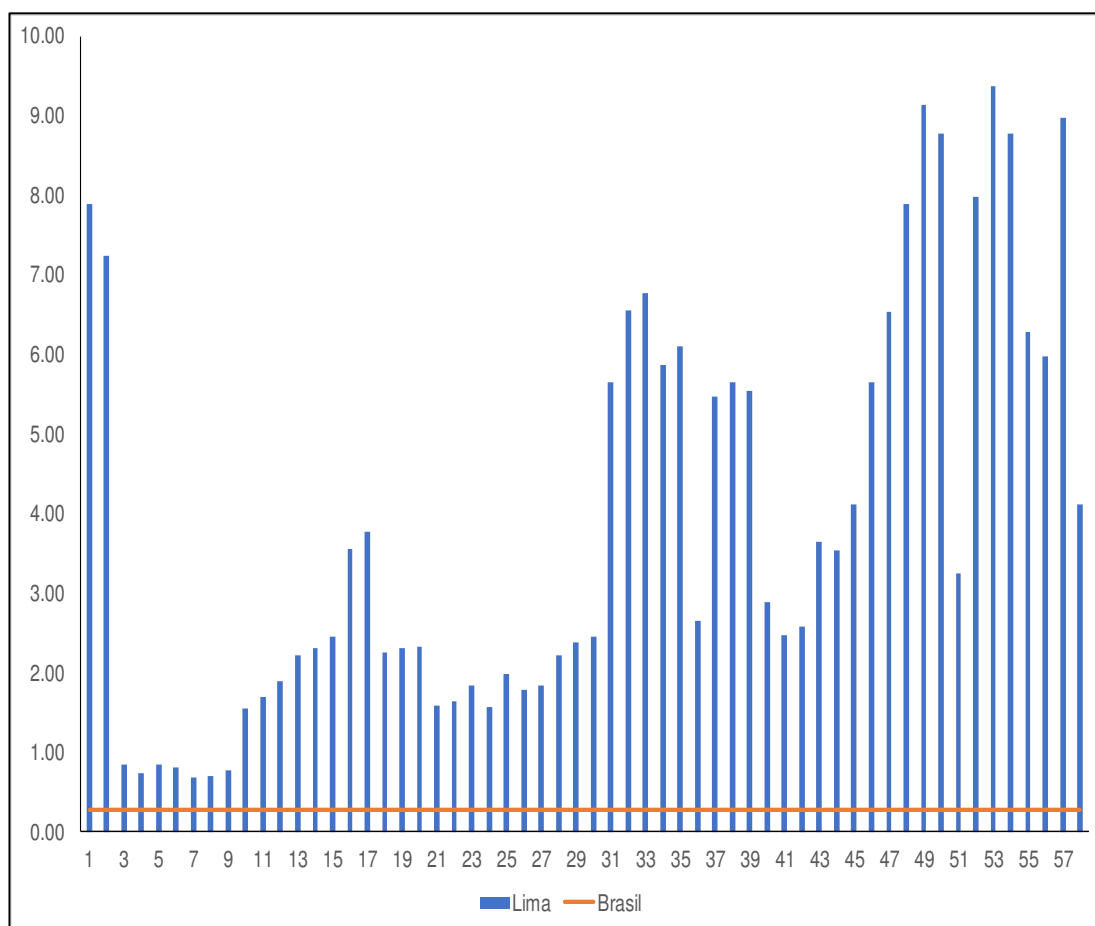


Figura 10. Comparación de niveles de plomo en cigarrillos "Lima Metropolitana vs. Brasil". Fuente: Elaboración propia, enero 2013.

En el caso de Polonia, la concentración de plomo se ubicó en 0,6853 $\mu\text{g/g}$; así para el diseño de la prueba estadística se define las siguientes hipótesis estadísticas:

H_0 : “Concentración de plomo en cigarrillos que se expenden en Lima Metropolitana = 0,6853 $\mu\text{g/g}$ ”.

H_1 : “Concentración de plomo en cigarrillos que se expenden en Lima Metropolitana \neq 0,6853 $\mu\text{g/g}$ ”.

“Criterio de aceptación de hipótesis nula (H_0): Si el p-valor obtenido a través del SPSS, cuando los datos muestrales son mayores al nivel de significancia de 5 %, entonces se acepta H_0 ; por lo que existe suficiente evidencia estadística para afirmar que la concentración de plomo en cigarrillos que se expenden en Lima Metropolitana = 0,6853 $\mu\text{g/g}$ (nivel obtenido en el estudio de Polonia)”.

**Tabla 11. Prueba t-Student para comparar niveles de plomo
“Lima Metropolitana vs. Polonia”**

Estadísticas para una muestra				
Metal	N	Media	Desviación	Desviación error promedio
plomo	58	3,940,690	2,6195599	0,3439651

Prueba para una muestra Valor de prueba = 0,6853						
Metal	t	gl	Significación (Bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
plomo	9,464	57	0,000	3,2553897	2,566611	3,944168

Fuente: Elaboración propia, enero 2013.

En la Tabla 11, se observa que el (p-valor) es muy cercano a cero; siendo menor al nivel de confianza ($p < 0,05$); entonces se rechaza la hipótesis nula y se asume que el nivel promedio de concentración de plomo en cigarrillos expendidos en Lima Metropolitana es 3,9407 $\mu\text{g/g}$; distinto al valor determinado en Polonia que fue de 0,6853 $\mu\text{g/g}$. De esta manera, la evidencia estadística certifica que el nivel de plomo contenido en los cigarrillos expendidos en Lima Metropolitana es mayor al observado en los cigarrillos que se expenden en Polonia.

Cabe destacar que, de las 58 variedades de cigarrillos que se expenden en Lima Metropolitana, todas superan el nivel de plomo presente al registrado en el estudio de Polonia (ver Figura 11).

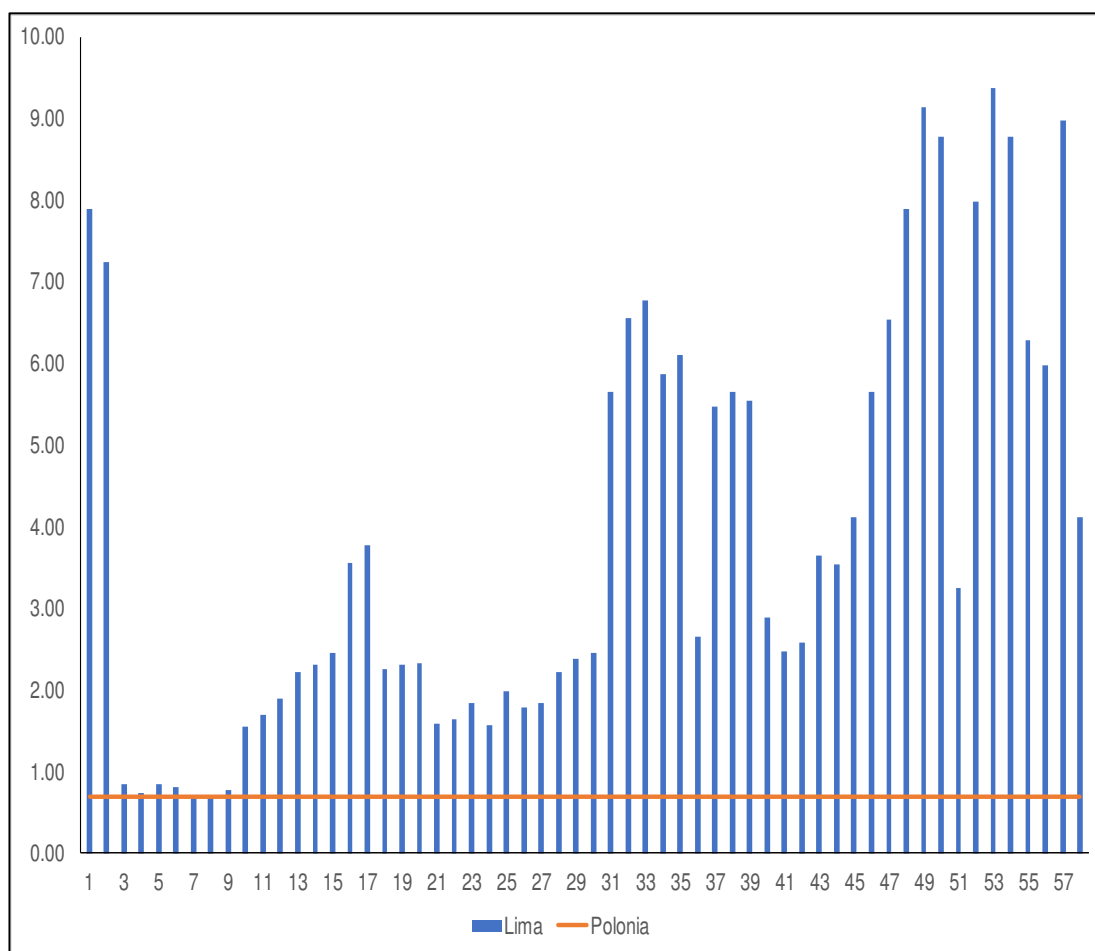


Figura 11. Comparación de niveles de plomo en cigarrillos “Lima Metropolitana vs. Polonia”. Fuente: Elaboración propia, enero 2013.

De esta manera, al expresar los resultados del objetivo general referido a determinar las diferencias entre las concentraciones de arsénico, cadmio, cromo, níquel y plomo de los cigarrillos que se expenden en Lima Metropolitana y las concentraciones de dichos metales determinadas en las investigaciones realizadas en Brasil, Polonia y Arabia Saudita, se destaca lo siguiente:

- El nivel de concentración de arsénico de los cigarrillos que se expenden en Lima Metropolitana es inferior al observado en los cigarrillos que se expenden en Brasil, según el estudio de referencia.
- El nivel de concentración de cadmio de los cigarrillos que se expenden en Lima Metropolitana es inferior al observado en los cigarrillos que se expenden en Arabia Saudita y Polonia, pero mayor al de Brasil, según los estudios de referencia.
- El nivel de concentración de cromo de los cigarrillos que se expenden en Lima Metropolitana es inferior al observado en los cigarrillos que se expenden en Brasil, según el estudio de referencia.
- El nivel de concentración de níquel de los cigarrillos que se expenden en Lima Metropolitana es superior al observado en los cigarrillos que se expenden en Brasil, según el estudio de referencia.
- El nivel de concentración de plomo de los cigarrillos que se expenden en Lima Metropolitana es superior al observado en los cigarrillos que se expenden en Arabia Saudita, Polonia y Brasil, según los estudios de referencia.

4.2. Prueba de hipótesis

Con relación a los resultados discutidos en la parte anterior, se puede afirmar lo referente en cuanto a las hipótesis de la investigación.

Se acepta la prueba hipótesis específica “Las concentraciones de arsénico, cadmio, cromo, níquel y plomo de los cigarrillos que se expenden en Lima Metropolitana presentan alta variabilidad”, visto que las desviaciones estándar (medida de dispersión utilizada) en todas las concentraciones representan el 98,68 %, el 30,14 %, el 56,85 %, el 31,99 % y el 66,47 % de sus medias.

Se acepta parcialmente la segunda hipótesis específica “La correlación entre los niveles de arsénico, cadmio, cromo, níquel y plomo en los cigarrillos que se expenden en Lima Metropolitana es estadísticamente significativa”, visto que el coeficiente de correlación entre las concentraciones de cromo y plomo en los cigarrillos que se expenden en Lima Metropolitana es 0,842 y el coeficiente de correlación entre las concentraciones de níquel y plomo en los cigarrillos que se expenden en Lima Metropolitana es 0,445; son significativos al 5 %.

Se acepta la tercera hipótesis específica “Los niveles de arsénico hallados en los cigarrillos que se expenden en Lima Metropolitana con los valores publicados en estudios realizados en Brasil, Polonia y Arabia Saudita presentan diferencias significativas” con un 5 % de confianza.

Se acepta la cuarta hipótesis específica “Los niveles de cadmio hallados en los cigarrillos que se expenden en Lima Metropolitana con los valores publicados en estudios realizados en Brasil, Polonia y Arabia Saudita presentan diferencias significativas” con un 5 % de confianza.

Se acepta la quinta hipótesis específica “Los niveles de cromo hallados en los cigarrillos que se expenden en Lima Metropolitana con los valores publicados en estudios realizados en Brasil, Polonia y Arabia Saudita presentan diferencias significativas” con un 5 % de confianza.

Se acepta la sexta hipótesis específica “Los niveles de níquel hallados en los cigarrillos que se expenden en Lima Metropolitana con los valores publicados en estudios realizados en Brasil, Polonia y Arabia Saudita presentan diferencias significativas” con un 5 % de confianza.

Se acepta la séptima hipótesis específica “Los niveles de plomo hallados en los cigarrillos que se expenden en Lima Metropolitana con los valores publicados en estudios realizados en Brasil, Polonia y Arabia Saudita presentan diferencias significativas” con un 5 % de confianza.

Finalmente, se acepta la hipótesis general de la investigación “Las diferencias entre las concentraciones de arsénico, cadmio, cromo, níquel y plomo de los cigarrillos que se expenden en Lima Metropolitana y las concentraciones de dichos metales determinadas en las investigaciones realizadas en Brasil, Polonia y Arabia Saudita son estadísticamente significativas” con un 5 % de confianza.

4.3. Presentación de resultados

1. Los resultados de la investigación se resumen en lo siguiente:

- En cuanto al arsénico, se observa que el nivel de concentración promedio en los cigarrillos expendidos en Lima Metropolitana es 0,0566 $\mu\text{g/g}$, siendo el valor mínimo 0,0210 $\mu\text{g/g}$ y el valor máximo 0,4500 $\mu\text{g/g}$, con una alta dispersión o variabilidad de 0,0559; que representa el 98,68 % respecto a la media (ver Tabla 1).
- Con relación al cadmio, se observa que el nivel de concentración promedio en los cigarrillos expendidos en Lima Metropolitana es 0,3122 $\mu\text{g/g}$, siendo el valor mínimo 0,0290 $\mu\text{g/g}$ y el valor máximo 0,5500 $\mu\text{g/g}$; con una significativa dispersión o variabilidad de 0,0941; que representa el 30,14 % respecto a la media (ver Tabla 1).
- También, se puede determinar que el nivel de concentración promedio de cromo en los cigarrillos expendidos en Lima Metropolitana es 0,7098 $\mu\text{g/g}$, siendo el valor mínimo 0,2800 $\mu\text{g/g}$ y el valor máximo 1,6600 $\mu\text{g/g}$; con una alta dispersión o variabilidad de 0,4036; que representa el 56,85 % respecto a la media.
- En cuanto a la concentración de níquel, se observa que su promedio alcanzó la cifra de 20,6412 $\mu\text{g/g}$, siendo el valor mínimo 10,4500 $\mu\text{g/g}$ y el valor máximo 33,5800 $\mu\text{g/g}$; con una significativa alta dispersión o variabilidad de 6,6037; que representa el 31,99 % respecto a la media.

- Finalmente, con relación al plomo, se observa que el nivel de concentración promedio en los cigarrillos expendidos en Lima Metropolitana es 3,9407 $\mu\text{g/g}$, siendo el valor mínimo 0,6900 $\mu\text{g/g}$ y el valor máximo 9,3800 $\mu\text{g/g}$; con una alta dispersión o variabilidad de 2,6196; que representa el 66,47 % respecto a la media (ver Tabla 1).

2. Se observa que las únicas correlaciones significativas, se presentan entre:

- Las concentraciones de cromo y plomo, visto que el (p-valor) es muy cercano a cero "0" ; así siendo, menor que el nivel de significancia ($p < 0,05$), entonces se puede señalar que el coeficiente de correlación de Pearson es estadísticamente significativo (ver Tabla 2). Además, siendo ese coeficiente igual a 0,842 ($r = 0,842$), se puede afirmar que existe una relación positiva alta entre los niveles de concentraciones de cromo y plomo en los cigarrillos que se expenden en Lima Metropolitana.
- Las concentraciones de níquel y plomo, visto que el (p-valor) es 0,001; así siendo, menor que el nivel de significancia ($p < 0,05$), entonces se puede señalar que el coeficiente de correlación de Pearson es estadísticamente significativo (ver Tabla 2). Además, siendo ese coeficiente igual a 0,443 ($r = 0,443$), se puede afirmar que existe una relación positiva media entre los niveles de concentraciones de níquel y plomo en los cigarrillos que se expenden en Lima Metropolitana.

3. La evidencia estadística certifica que:

- El nivel de arsénico contenido en los cigarrillos expendidos en Lima Metropolitana es menor al observado en los cigarrillos que se expenden en Brasil.

- El nivel de cadmio contenido en los cigarrillos expendidos en Lima Metropolitana es menor al observado en los cigarrillos que se expenden en Arabia Saudita.
 - El nivel de cadmio contenido en los cigarrillos expendidos en Lima Metropolitana es mayor al observado en los cigarrillos que se expenden en Brasil.
 - El nivel de cadmio contenido en los cigarrillos expendidos en Lima Metropolitana es menor al observado en los cigarrillos que se expenden en Polonia.
 - El nivel de cromo contenido en los cigarrillos expendidos en Lima Metropolitana es menor al observado en los cigarrillos que se expenden en Brasil.
 - El nivel de níquel contenido en los cigarrillos expendidos en Lima Metropolitana es mayor al observado en los cigarrillos que se expenden en Brasil.
 - El nivel de plomo contenido en los cigarrillos expendidos en Lima Metropolitana es mayor al observado en los cigarrillos que se expenden en Arabia Saudita.
 - El nivel de plomo contenido en los cigarrillos expendidos en Lima Metropolitana es mayor al observado en los cigarrillos que se expenden en Brasil.
 - El nivel de plomo contenido en los cigarrillos expendidos en Lima Metropolitana es mayor al observado en los cigarrillos que se expenden en Polonia.
4. Vistas las altas concentraciones de los metales pesados como arsénico, cadmio, cromo, níquel y plomo en los cigarrillos que se expenden en Lima Metropolitana se le sugiere a las autoridades:
- Establecer límites máximos permitidos de los mismos, con el fin de instaurar controles para disminuir el impacto tóxico de estos agentes en el cuerpo humano.

- Difundir a la comunidad en general, los resultados de estudios similares, sobre el impacto del cigarrillo en el cuerpo humano de los fumadores activos y pasivos, a través de las concentraciones de metales. En particular, se destaca la alta variabilidad en los niveles de metales pesados en los cigarrillos, lo que constituye una notable fuente de exposición a sustancias cancerígenas, tanto para los fumadores activos y fumadores pasivos.
- Finalmente, se recomienda a los futuros investigadores, indagar sobre la presencia de otros componentes tóxicos en el cigarrillo, los cuales también afectan al cuerpo humano.

CONCLUSIONES

Los resultados del estudio realizado concluye que en la determinación de niveles de cadmio, plomo, arsénico, níquel y cromo en cigarrillos con filtro que se expenden en Lima Metropolitana por el método de espectrometría de absorción atómica, los niveles de concentración promedio son 0,0566 µg/g para arsénico; 0,3122 µg/g para cadmio; 0,7098 µg/g para cromo; 20,6412 µg/g para níquel y 3,9407 µg/g para plomo, cuya desviación estándar en todas las concentraciones representa el 98,68 %; 30,14 %; 56,85 %; 31,99 % y 66,47 % de sus medias; asimismo se determinó que existe una alta variabilidad de las concentraciones de los referidos metales pesados.

La correlación entre los niveles de arsénico, cadmio, cromo, níquel y plomo en los cigarrillos que se expenden en Lima Metropolitana es estadísticamente significativa al 5 %, visto que el coeficiente de correlación entre las concentraciones de cromo y plomo es 0,842 (relación positiva alta) y el coeficiente de correlación entre las concentraciones de níquel y plomo es de 0,445 (relación positiva media).

Con un nivel de 5 % de confianza se comprueba que el contenido de los cigarrillos expendidos en Lima Metropolitana, el nivel de arsénico es menor al observado en los cigarrillos que se expenden en Brasil; el nivel de cadmio es menor al observado en los cigarrillos que se expenden en Arabia Saudita y en Polonia, pero mayor a los que se venden en Brasil; el nivel de cromo es menor al observado en los cigarrillos que se expenden en Brasil; el nivel de níquel es mayor al observado en los cigarrillos que se expenden en Brasil; y el nivel de plomo es mayor al observado en los cigarrillos que se expenden en Arabia Saudita, Polonia y Brasil.

Finalmente, Las diferencias entre las concentraciones de arsénico, cadmio, cromo, níquel y plomo de los cigarrillos que se expenden en Lima Metropolitana y las concentraciones de dichos metales determinadas en las investigaciones realizadas en Brasil, Polonia y Arabia Saudita son estadísticamente significativas con un 5 % de confianza.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Organización Mundial de la Salud. Tabaco: mortífero en todas sus formas: Organización Mundial de la Salud; 2006.
2. Martín A, Rodríguez I, Rubio C, Revert C, Hardisson A. Efectos tóxicos del tabaco. Revista de Toxicología. 2004; 21(2-3): p. 64-71.
3. Ballén M. El cigarrillo: implicaciones para la salud. Revista de la Facultad Médica de la Universidad Nacional de Colombia. 2006; 54.
4. Nava E, Méndez M. Efectos neurotóxicos de metales pesados (cadmio, plomo, arsénico y talio). Arch Neurocién. 2011 julio-setiembre; 16(3).
5. Ministerio de Salud. Boletín Epidemiológico (Lima). 2014.
6. Organización Panamericana de la Salud. Perú: Informe sobre Control del Tabaco 2011. 2011.
7. Ministerio de la Salud. Evaluación de necesidades para la implementación del Convenio Marco de la OMS para el Control del Tabaco en Perú Lima: Organización Panamericana de la Salud; 2015.
8. Palomino J, Peña J, Zeballos G, Orizano L. Metodología de investigación Lima: Editorial San Marcos; 2017.
9. Carrasco S. Metodología de la investigación científica Lima: Editorial San Marcos; 2017.
10. Senior Wuilliams, Cornejo Maria, Tobar Yonny, Ramirez Yonny, Marquez Aristide. Metales pesados (cadmio, plomo, mercurio y arsénico en pescados congelados de elevado consumo). 2018.
11. Ruiz Francisco NA. Agentes socializadores en actividad físico deportiva, consumo de alcohol y tabaco. 2017. España.

12. Isabel M. Análisis de arsénico y metales pesados (cadmio, manganeso, mercurio y plomo en orina y cabello de la población infantil residente en Huelva. 2015.
13. Cardenas R. Determinar los niveles de plomo y cadmio en diez tipos de yuca (*Manihot esculenta*). 2017.
14. Rojas K. Determinación por absorción atómica de plomo y arsénico en agua potable. 2017.
15. Alvarado. T. Consumo de tabaco y consumo intensivo de alcohol en pobladores que residen en zonas rurales. 2017.
16. Nordberg G. El Cadmio. Metales, propiedades químicas y toxicidad. 2007.
17. Augusto R. Toxicología del cadmio. Anales de la facultad de medicina. 2002; p. 51-64.
18. Augusto R. Plomo. El cuadro clínico de la intoxicación ocupacional del plomo. 2005;(ISSN1025-5583).
19. Gomez Ángel, Magaña Patricia. El cromo. Papel del cromo y el zinc en el metabolismo. 2004.
20. Tellés M, Carvajal Roys, Gaitán Ana. El cromo. Aspectos toxicológicos relacionados con la utilización del cromo en el proceso productivo de curtiembres. 2003; Vol. 52 N° 1.
21. K E. El cigarrillo. Tabaco: Mortífero en todas sus formas. 2006.
22. Ley general para la prevención y control de los riesgos del consumo del tabaco. 2016.
23. Waqar A. Los niveles de metales pesados en las marcas de cigarrillos más populares en Arabia Saudita y la exposición a estos metales a través de Fumar. Scientific World Journal. 2012.

- 24 Viana G, García , Menezes-Filho J. Assessment of carcinogenic heavy metal levels in Brazilian cigarettes. Laboratory of Toxicology, College of Pharmacy. Brazil. 2010.
- 25 Malgorzata S, Malgorzata B, Moniuszko J. Estimation of Polish cigarettes contamination with cadmium and lead, and exposure to these metals via smoking. Environ Monit Assess. 2007 137; p. 481–493.

ANEXOS



CENTRO TOXICOLÓGICO S.A.C. - CETOX

Resolución Directoral R.D. N° 354-2006-AG-SENASA-DIAIA
Inscrito en Registro de Laboratorios de Control de Calidad de Plaguicidas Agrícolas
N° 001-AG-SENASA - Servicio Nacional de Sanidad Agraria - Ministerio de Agricultura

Jr. Pisac 192 – Oficina 102 – Urb. Residencial Higuiereta – Santiago de Surco
Telefax: (511) 273-2318 www.cetox.com.pe servicios@cetox.com.pe

INFORME TOXICOLOGICO

TIT - 13 - 0032

1. Solicitante : Srta Jeanneth Rosario Chávez López
2. Análisis solicitado : Cuantificación de arsénico, cadmio, cromo, níquel y plomo
3. Muestra : Cigarrillos (muestras proporcionadas por el solicitante)
4. Fecha de Recepción : 02/01/2013
5. Fecha de Emisión : 18/01/2013

RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS

N°	Código de la Muestra	Arsénico (As) (ug/g)	Cadmio (Cd) (ug/g)	Cromo (Cr) (ug/g)	Níquel (Ni) (ug/g)	Plomo (Pb) (ug/g)
1	CA-01	0.033	0.25	1.66	25.56	7.89
2	CA-02	0.042	0.26	1.58	28.98	7.25
3	L-01	0.021	0.35	0.33	11.25	0.85
4	L-02	0.024	0.36	0.28	11.65	0.74
5	L-03	0.025	0.29	0.29	10.98	0.84
6	L-04	0.022	0.47	0.31	12.65	0.81
7	L-05	0.028	0.38	0.33	16.58	0.69
8	L-06	0.027	0.29	0.34	14.45	0.71
9	L-07	0.028	0.33	0.33	16.56	0.77
10	H-01	0.032	0.29	0.28	21.21	1.56
11	H-02	0.034	0.31	0.31	24.65	1.69
12	H-03	0.029	0.33	0.33	23.56	1.89
13	E-01	0.045	0.29	0.34	32.52	2.22
14	E-02	0.048	0.35	0.59	29.58	2.32
15	E-03	0.041	0.36	0.61	28.48	2.45
16	G-01	0.075	0.41	0.67	25.85	3.56
17	G-02	0.081	0.45	0.69	26.54	3.78
18	C-01	0.041	0.55	0.55	11.18	2.26
19	C-02	0.038	0.25	0.59	10.85	2.31
20	C-03	0.042	0.21	0.67	10.45	2.33
21	M-01	0.031	0.26	0.45	15.58	1.59
22	M-02	0.033	0.28	0.44	16.58	1.65
23	M-03	0.038	0.27	0.45	12.56	1.84
24	M-04	0.034	0.31	0.48	14.69	1.57
25	M-05	0.035	0.24	0.51	15.47	1.98
26	M-06	0.042	0.26	0.41	16.54	1.78
27	M-07	0.038	0.24	0.44	18.59	1.84
28	W-01	0.028	0.19	0.36	15.65	2.22
29	W-02	0.030	0.18	0.38	14.58	2.38
30	W-03	0.027	0.22	0.41	16.25	2.45
31	GO-01	0.045	0.31	0.51	25.84	5.65
32	F-01	0.064	0.38	0.87	32.56	6.56
33	F-02	0.071	0.33	0.88	33.58	6.78
34	LM-01	0.057	0.24	0.74	28.56	5.87
35	LM-02	0.054	0.28	0.77	27.68	6.11
36	KE-01	0.047	0.19	0.59	25.15	2.65
37	D-01	0.075	0.48	0.58	29.36	5.48
38	D-02	0.072	0.45	0.74	31.25	5.66
39	S-01	0.068	0.51	0.78	24.65	5.55
40	P-01	0.054	0.31	0.66	18.68	2.89



CENTRO TOXICOLÓGICO S.A.C. - CETOX

Resolución Directoral R.D. N° 354-2006-AG-SENASA-DIAIA
Inscrito en Registro de Laboratorios de Control de Calidad de Plaguicidas Agrícolas
N° 001-AG-SENASA - Servicio Nacional de Sanidad Agraria - Ministerio de Agricultura

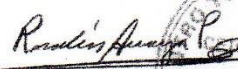
Jr. Pisac 192 – Oficina 102 – Urb. Residencial Higuiereta – Santiago de Surco
Telefax: (511) 273-2318 www.cetox.com.pe servicios@cetox.com.pe

TIT - 13 - 0032

Nº	Código de la Muestra	Arsénico (As) (ug/g)	Cadmio (Cd) (ug/g)	Cromo (Cr) (ug/g)	Níquel (Ni) (ug/g)	Plomo (Pb) (ug/g)
41	P-02	0.058	0.33	0.61	17.59	2.48
42	P-03	0.055	0.34	0.59	21.25	2.59
43	MO-01	0.048	0.029	0.58	26.56	3.65
44	MO-02	0.053	0.33	0.63	25.45	3.54
45	MR-01	0.057	0.18	0.45	11.25	4.11
46	PO-01	0.066	0.22	0.59	16.25	5.65
47	EL-01	0.073	0.33	0.89	19.54	6.54
48	K-01	0.089	0.42	1.19	15.25	7.89
49	C-01	0.078	0.44	1.35	21.45	9.15
50	C-02	0.081	0.45	1.39	22.58	8.78
51	PR-01	0.068	0.28	0.89	24.65	3.25
52	X-01	0.075	0.36	1.35	31.25	7.98
53	I-01	0.058	0.35	1.48	22.56	9.38
54	SC-01	0.054	0.33	1.54	14.58	8.79
55	MI-01	0.055	0.28	1.51	18.56	6.28
56	SU-01	0.45	0.22	1.47	19.26	5.98
57	ID-01	0.078	0.18	1.55	21.68	8.98
58	IN-01	0.088	0.33	0.55	20.15	4.12

MÉTODOS:

- Espectrofotometría de Absorción Atómica con Generación de hidruros para Arsénico.
- Espectrofotometría de Absorción Atómica con Horno de grafito para Cadmio, Cromo, Níquel y Plomo.


Dra. Rosalía Anaya Pajuelo
Gerente Técnico

